

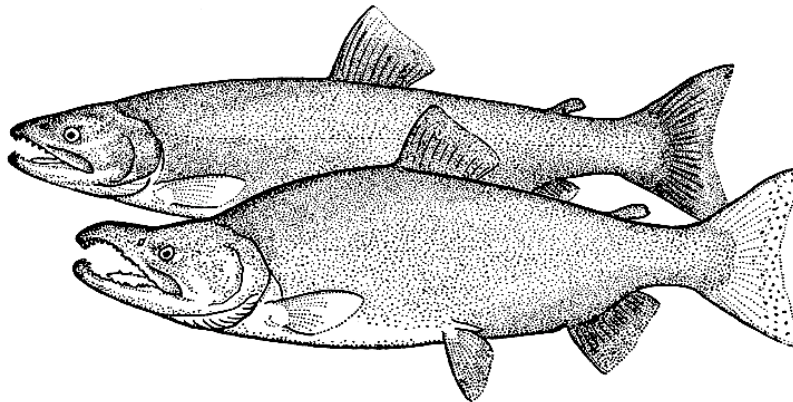
# Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC

sur le

## saumon sockeye (saumon rouge) *Oncorhynchus nerka*

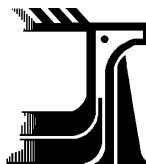
population Sakinaw

au Canada



**ESPÈCE EN VOIE DE DISPARITION**  
2003

**COSEPAC**  
COMITÉ SUR LA SITUATION DES  
ESPÈCES EN PÉRIL  
AU CANADA



**COSEWIC**  
COMMITTEE ON THE STATUS OF  
ENDANGERED WILDLIFE IN  
CANADA

Les rapports de situation du COSEPAC sont des documents de travail servant à déterminer le statut des espèces sauvages que l'on croit en péril. Le présent rapport peut être cité de la manière suivante :

COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon sockeye (saumon rouge) (*Oncorhynchus nerka*) (population Sakinaw) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xi + 41 p.

Note de production : Le COSEPAC aimerait se montrer reconnaissant envers Chris C. Wood pour avoir rédigé le rapport de situation sur le saumon sockeye (saumon rouge) (*Oncorhynchus nerka*) (population Sakinaw) aux termes d'un contrat avec Environnement Canada.

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires, s'adresser au :

Secrétariat du COSEPAC  
a/s du Service canadien de la faune  
Environnement Canada  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0H3

Tél. : (819) 997-4991 / (819) 953-3215  
Télec. : (819) 994-3684  
Courriel : COSEWIC/COSEPAC@ec.gc.ca  
<http://www.cosepac.gc.ca>

Also available in English under the title COSEWIC Assessment and Status Report on the Sockeye Salmon *Oncorhynchus nerka* Sakinaw population in Canada.

Illustration de la couverture

Saumon rouge — Saumon rouge adulte (femelle en haut, mâle en bas) (tiré de Scott et Crossman, 1973).

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2003  
N° de catalogue CW69-14/323-2003-F-PDF  
ISBN 0-662-89998-9  
HTML: CW69-14/323-2003F-HTML  
0-662-89999-7



Papier recyclé



## COSEPAC Sommaire de l'évaluation

### Sommaire de l'évaluation – Mai 2003

**Nom commun**

Saumon sockeye (saumon rouge) (population Sakinaw)

**Nom scientifique**

*Oncorhynchus nerka*

**Statut**

Espèce en voie de disparition

**Justification de la désignation**

La population Sakinaw possède des caractéristiques génétiques et biologiques uniques (entrée hâtive dans la rivière, résidence prolongée dans le lac avant la fraye, petite taille des adultes, faible fécondité et grands saumoneaux). L'absence de succès des tentatives antérieures de transplantation du saumon sockeye dans le lac Sakinaw et d'autres lacs indique que le saumon sockeye Sakinaw ne peut pas être remplacé. La population Sakinaw s'est effondrée principalement en raison de la surexploitation, due tant aux prises dirigées qu'aux prises accidentelles dans les pêches de stocks mixtes à des niveaux supérieurs aux niveaux durables. De plus, le débit et le niveau de l'eau ont parfois été insuffisants pour permettre aux adultes d'entrer dans le lac. Il y a également des incidences écologiques sur l'habitat du lac attribuables à l'exploitation forestière, à l'aménagement résidentiel et à l'utilisation de l'eau. Puisqu'il reste très peu de poissons, la population est à grand risque de disparition, et ce, même en raison d'incidences mineures de la pêche, du braconnage, des entraves à la migration de fraye, de la prédation, de la dégradation de l'habitat et de l'utilisation de l'eau.

**Répartition**

Colombie-Britannique, océan Pacifique

**Historique du statut**

Espèce désignée d'urgence « en voie de disparition » en octobre 2002. Réexamen et confirmation du statut en mai 2003. Évaluation fondée sur un nouveau rapport de situation.



## COSEPAC Résumé

### Saumon sockeye (saumon rouge) *Oncorhynchus nerka*

#### Information sur l'espèce

Le saumon rouge est l'une des sept espèces du genre *Oncorhynchus* indigènes de l'Amérique du Nord. Dans l'océan, l'adulte possède un corps mince, argenté et fusiforme et il atteint en moyenne 3 kg. Il se produit une nette transformation de la coloration externe et de la forme du corps pendant la migration qui le ramène de l'océan vers l'écosystème d'eau douce d'où il vient. La tête devient vert pâle et le corps prend une teinte écarlate. Le mâle développe aussi une bosse, des dents et un crochet sur le museau. L'adulte meurt peu après la fraye, mais sa progéniture demeure plusieurs années en eau douce (habituellement dans un lac) avant de migrer vers l'océan. La dépendance des saumons rouges à l'égard de l'habitat de leur lac de séjour, qui est discontinue du fait qu'il s'agit d'une espèce anadrome, fait que les poissons doivent y revenir pour frayer, ce qui se traduit par une séparation du saumon rouge en populations isolées. Sur le plan de la migration, de la reproduction et de la croissance, ces populations isolées acquièrent en général des comportements uniques constituant des adaptations qui améliorent leur survie dans leur milieu d'eau douce d'origine. Cette différenciation en populations adaptées de façon très spécifique aux milieux locaux explique la forte productivité et donc l'importance commerciale de l'espèce; elle signifie également que ces populations seraient très difficiles, sinon impossibles, à remplacer en cas de disparition.

Le présent rapport de situation évalue la population distincte de saumons rouges qui occupe le lac Sakinaw (Colombie-Britannique) (ou saumon rouge Sakinaw). L'électrophorèse des protéines et les analyses moléculaires de l'ADN indiquent que le saumon rouge Sakinaw forme une population génétiquement distincte et fortement isolée sur le plan reproductif par rapport aux autres populations de saumons rouges de la Colombie-Britannique. Le saumon rouge Sakinaw montre également des caractéristiques biologiques différentes, notamment une entrée dans la rivière hâtive et sur une longue période, une résidence prolongée dans le lac avant la fraye, une petite taille, une faible fécondité et des smolts de grande taille, ce qui indique que le saumon rouge du lac Sakinaw constitue une population distincte des autres populations du point de vue évolutionnaire.

## Répartition

Le saumon rouge du lac Sakinaw est endémique au Canada. Il se reproduit et grossit pendant deux ou trois ans (près de la moitié de sa vie) exclusivement dans le lac Sakinaw, situé dans la péninsule Sechelt, dans le détroit de Géorgie en Colombie-Britannique. Étant donné qu'il s'agit d'une espèce anadrome, il partage aussi des corridors de migration et des aires d'alimentation en mer, dans le Pacifique Nord, avec de nombreuses autres populations de saumons rouges. Quelques individus non anadromes ont été découverts dans le lac Sakinaw, mais on n'a pas encore déterminé si ces individus sont des mâles issus de femelles anadromes (c.-à-d. des saumons rouges « résidents » partageant le fonds génétique des saumons anadromes) ou des saumons rouges d'eau douce de plus petite taille (appelés « kokanis ») appartenant à une population génétiquement distincte et se reproduisant de façon autonome. Le saumon rouge est réparti en Amérique du Nord depuis le fleuve Columbia (Oregon, Washington et Idaho) jusqu'à la baie Kotzebue en Alaska, et en Asie, depuis les îles Kouriles méridionales jusqu'au fleuve Anadyr. Les populations ont décliné ou sont disparues dans les parties méridionales de l'aire de répartition de l'espèce des deux côtés de l'océan Pacifique. Le saumon rouge migrateur (anadrome) n'est plus présent à l'état sauvage en Californie et au Japon, mais on y trouve encore des populations de kokanis, non migrants.

## Habitat

Le saumon rouge Sakinaw a besoin d'un habitat approprié à la fraye et à la croissance des juvéniles dans le lac Sakinaw et d'un habitat d'alimentation dans le Pacifique Nord, où les smolts et les immatures pourront atteindre leur taille adulte. À l'instar de toutes les autres populations anadromes, ils doivent aussi disposer de voies de passage pour se déplacer entre ces habitats. Le lac Sakinaw est un plan d'eau de seulement 6,9 km<sup>2</sup> dont la profondeur moyenne est de 43 m, sa zone euphotique atteint en moyenne un peu plus de 15 m de profondeur. Ses caractéristiques chimiques et thermiques et sa salinité en font un habitat rare et inhabituel : il s'agit d'un lac méromictique dans lequel une couche d'eau douce de 30 m d'épaisseur recouvre des eaux salées chaudes et anoxiques, ce qui empêche le mélange saisonnier des eaux et se traduit par une forte stratification thermique. En été, l'épilimnion s'étend jusqu'à une profondeur de 7 m et devient trop chaud pour le saumon rouge, mais la couche d'eau sous-jacente constitue un habitat frais, bien oxygéné, riche en zooplancton et très appropriée à la croissance des saumons rouges juvéniles. Dans le lac Sakinaw, la productivité est plus élevée que dans les autres lacs côtiers de la Colombie-Britannique, mais moins élevée que dans la plupart des lacs du réseau du fleuve Fraser, y compris le lac Cultus.

La disponibilité de frayères limite probablement davantage la taille de la population que la disponibilité d'habitats favorables à la croissance dans le lac. Contrairement à la plupart des populations de saumons rouges, la population du lac Sakinaw fraye presque entièrement dans le milieu lacustre; elle y utilise cinq frayères avoisinant des ruisseaux ou des sources d'eaux souterraines. Le périmètre du lac est

de 35 km, mais la majeure partie du littoral ne convient pas à la fraye parce que les œufs et les alevins vésiculés ont besoin d'un gravier propre et bien oxygéné pour leur développement jusqu'à l'émergence au stade d'alevins nageants.

Le lac Sakinaw est situé à une altitude de seulement 5 m et se déverse directement dans le détroit de Géorgie par un court ruisseau. Un barrage de retenue a été construit sur l'émissaire et le saumon rouge adulte accède au lac par une passe migratoire. Les smolts qui migrent vers la mer doivent traverser les détroits de Géorgie et de Johnstone pour atteindre le Pacifique Nord où ils passent deux étés avant de retourner au lac Sakinaw par le même chemin. Dans l'océan, les saumons rouges se tiennent en général dans les eaux fraîches (2 à 7 °C) de la surface (à moins de 15 m de profondeur), et ceux de la Colombie-Britannique demeurent généralement au nord de 48 °N et à l'est de 160 °O.

## **Biologie**

La plupart des saumons rouges Sakinaw frayent à la fin de novembre; tous meurent après la fraye et leurs carcasses sont dévorées ou se décomposent dans le lac. Les femelles creusent leurs nids dans le gravier et recouvrent leurs œufs immédiatement après la fécondation. Les œufs et les alevins vésiculés demeurent dans le gravier jusqu'à l'émergence, au début de mai, des alevins nageants, qui gagnent la zone limnétique où ils se nourrissent principalement de zooplancton. Le moment de l'émergence des alevins est probablement synchronisé avec la prolifération printanière du plancton. Pour assurer la synchronisation, il faut que dans chaque lac le moment de la fraye et la vitesse du développement embryonnaire soient génétiquement adaptés aux régimes de température du milieu de fraye.

Comme pour l'émergence des alevins, chaque population de saumons rouges possède habituellement ses propres adaptations biologiques quant à l'âge (taille) et au moment de la saison où se produira la smoltification, adaptation physiologique pour la migration vers la mer et la vie en eau salée. La plupart des saumons rouges Sakinaw deviennent des smolts en avril de leur deuxième année et quittent le lac par un court ruisseau (< 500 m) qui se jette dans le détroit de Géorgie. Comparativement aux smolts d'autres populations de saumons rouges, les smolts du saumon rouge Sakinaw sont gros (100 à 150 mm) à l'âge 1+, mais certains demeurent dans le lac un hiver de plus et deviennent des smolts encore plus gros, qui migrent à l'âge 2+. On suppose que les smolts du saumon rouge Sakinaw migrent vers le nord-ouest en traversant le détroit de Johnstone pour atteindre le golfe d'Alaska, en même temps que les smolts de certaines populations de saumons rouges du fleuve Fraser. Le moment de l'arrivée en mer peut influencer grandement sur la mortalité attribuable à la migration saisonnière (eau chaude) de certains prédateurs marins.

La plupart des saumons rouges Sakinaw atteignent la maturité à l'âge de 4 ans, après avoir passé deux hivers en mer. Pendant la migration de retour, les migrants se dirigent vers le sud-est dans les détroits de Johnstone et de Géorgie, mais on pense qu'ils tournent vers le nord-est au bout du chenal Sabine pour atteindre le lac Sakinaw.

Ils arrivent au lac Sakinaw de juin à septembre même si la fraye n'a principalement lieu qu'à la fin de novembre. Par conséquent, ils sont petits à maturité comparativement aux adultes des autres populations de saumons rouges du Canada, et leur fécondité se situe dans la partie inférieure de la fourchette pour cette espèce, avec seulement 2 500 œufs en moyenne.

### **Taille et tendances de la population**

L'abondance du saumon rouge du lac Sakinaw a diminué considérablement depuis 1987. De 1947 (date du début des dénombrements) à 1987, les estimations du nombre d'adultes (en cours de maturation) entrant dans le lac Sakinaw se situaient en moyenne à 5 000 individus (fourchette de 750 à 16 000), sans tendance à la baisse. De 1987 à 2002, les effectifs ont diminué, avec une moyenne d'à peine plus de 1 000 adultes par année de 1988 à 1992, de moins de 200 de 1993 à 1996, et de moins de 50 de 1997 à 2001 (de 1999 à 2002, moins de 80). En 2002, on a recensé avec soin les saumons rouges; on n'en a compté que 78 à l'arrivée dans le lac et seulement 44 dans les frayères.

Une estimation statistique robuste du taux de déclin obtenue à partir d'une analyse de régression utilisant des abondances estimatives des individus matures lissées sur une génération (estimation fondée sur les dénombrements annuels des adultes matures effectués entre 1988 et 2002, et couvrant la période 1990 à 2001 après lissage) révèle un taux de déclin de 33 p. 100 par année, ce qui signifie une réduction de 99 p. 100 sur 3 générations. Si l'on compare uniquement les estimations pour les années de début et de fin de période, on obtient une réduction du nombre de saumons rouges adultes entrés dans le lac au cours des trois dernières générations d'au moins 87 p. 100 (de 1991 à 2002; 4 ans par génération).

### **Facteurs limitatifs et menaces**

La pérennité de la population de saumons rouges du lac Sakinaw est menacée par deux facteurs principaux : la mortalité due à la pêche et la dégradation de l'habitat d'eau douce. Pour le moment, la mortalité par pêche est probablement la menace la plus importante. Les saumons rouges Sakinaw continuent d'être capturés dans les pêches, et compte tenu de leur très faible abondance, même une mortalité modeste attribuable à la pêche peut compromettre la viabilité de la population. La surpêche peut aussi être considérée comme la cause immédiate du déclin, l'effort de pêche n'ayant pas été réduit de façon importante avant 1998, malgré le déclin observé à partir de 1987 dans les échappées de géniteurs entrant dans le lac Sakinaw. Lorsqu'ils migrent vers le lac en traversant les détroits de Johnstone et de Géorgie, les saumons rouges Sakinaw sont capturés en même temps que d'autres saumons rouges et des saumons roses appartenant à des populations plus productives dans ce qu'on appelle des pêches de stocks mélangés. Le fait que le saumon rouge du lac Sakinaw est exposé à ce type de pêche et que les échappées ont diminué rapidement sur une courte période marquée par un effort de pêche constamment élevé laisse fortement penser que la mortalité par pêche a été excessive.

Le risque que présente la surpêche pour le saumon rouge Sakinaw s'est probablement accru du fait que la dégradation de son habitat dans le lac Sakinaw a réduit sa productivité. La dégradation la plus importante de l'habitat dans le lac Sakinaw est probablement attribuable aux activités d'exploitation forestière de la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Le lac a été utilisé comme jetée, bassin de flottage et aire d'estacades. Pour aider au transport des grumes vers l'océan, on a établi sporadiquement des barrages sur l'émissaire du lac pour hausser le niveau de l'eau; ces barrages ont probablement réduit l'accès des saumons au lac. Ces pratiques ont cessé largement vers 1952 lorsqu'on a construit un barrage permanent muni d'une passe migratoire. L'aménagement résidentiel et la navigation de plaisance ont par la suite augmenté. On a détourné des cours d'eaux pour prévenir les inondations et une rampe de mise à l'eau des bateaux a été construite au beau milieu d'une des principales frayères. Là encore, la majeure partie de cette dégradation est antérieure à 1987. La Fish and Wildlife Branch de la Colombie-Britannique a tenté d'accroître la population naturelle de truite fardée anadrome dans le lac Sakinaw en y introduisant un quart de million de juvéniles entre 1965 et 1989. Les répercussions de cette activité sur le saumon rouge du lac Sakinaw sont inconnues, mais la truite fardée est un prédateur de saumons rouges juvéniles. La migration du saumon rouge dans le lac peut aussi avoir été entravée par une réduction des débits en été, due à une utilisation accrue de l'eau par les humains dans tout le bassin de drainage.

Il est improbable que les populations de saumons rouges voisines puissent contribuer naturellement au rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw pendant la durée d'une vie humaine, ou même sur une plus longue période, compte tenu du flux génétique extrêmement restreint et du degré d'adaptation locale. Il est également douteux que les humains puissent réussir à transplanter de nouveaux saumons rouges dans le lac Sakinaw si la population actuelle venait à disparaître. Il est presque certain que plusieurs tentatives antérieures de transplantation dans le lac Sakinaw de saumons rouges provenant d'autres populations se sont soldées par un échec parce qu'on y trouve pas de traces génétiques des populations sources. Par conséquent, l'éventuelle extinction du saumon rouge dans le lac Sakinaw devrait être considérée comme irréversible.

Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) applique plusieurs mesures de conservation. L'effort de pêche a diminué de façon importante dans le détroit de Géorgie depuis 1995 et dans le détroit de Johnstone depuis 1998 à la suite d'une réduction de la flottille de pêche et de restrictions sur la pêche imposées à des fins de conservation. La zone 16 (incluant le chenal Sabine, jouxtant le lac Sakinaw) a été fermée à la pêche commerciale en 2002 dans le but de protéger le saumon rouge du lac Sakinaw; toutefois, cette fermeture n'a pas réduit la pêche pratiquée à des fins alimentaires et cérémonielles par les Autochtones. Le MPO coordonne également des activités d'amélioration de l'habitat, notamment le nettoyage des débris laissés par l'exploitation forestière dans les frayères, la modification de la passe migratoire pour améliorer le débit de l'eau pour les adultes en migration et une surveillance accrue pour décourager le braconnage et limiter la prédation naturelle à la passe migratoire, endroit où les adultes sont les plus vulnérables. Des travaux de repeuplement par propagation artificielle ont également été entrepris en 2000. Cependant, on ne sait pas si la



propagation artificielle peut permettre le rétablissement d'une population de saumon en voie de disparition, de sorte que dans tout plan de rétablissement, on devrait assurer un apport d'adultes se reproduisant naturellement.

### **Importance de l'espèce**

Du point de vue économique, le saumon rouge, qui entre dans les prises des pêches commerciale, récréative et autochtone de la côte du Pacifique, est l'espèce de saumon du Pacifique la plus importante. Le nombre de populations a diminué dans les parties méridionales de l'aire de répartition de l'espèce. Actuellement, quatre unités évolutives significatives du saumon rouge sont considérées comme en voie de disparition, deux au Canada (lac Sakinaw et lac Cultus, en Colombie-Britannique) et deux aux États-Unis (lac Ozette, au Washington, et rivière Snake, en Idaho). La population du lac Sakinaw est l'une des deux seules populations de saumons rouges anadromes de type lacustre sur les 200 km du détroit de Géorgie (l'autre est celle du lac Village Bay dans l'île Quadra, située à une distance de 100 km à l'extrémité septentrionale du détroit). La conservation du saumon rouge du lac Sakinaw est hautement prioritaire pour la bande indienne sechelte, parce qu'il se reproduit dans le territoire traditionnel de la bande. Le saumon rouge peut aussi jouer un rôle important dans le maintien de la productivité de l'écosystème du lac Sakinaw parce qu'il y apporte des nutriments provenant de la mer. Les juvéniles contribuent à la complexité du réseau trophique du lac parce qu'ils consomment des invertébrés et qu'ils servent de proies à certaines espèces de poissons, d'oiseaux et de mammifères. Les adultes nourrissent divers animaux, dont des loutres de rivière, des ours et des lamproies, leurs carcasses fournissant également de la nourriture au Pygargue à tête blanche et à d'autres espèces. Ainsi, le saumon rouge du lac Sakinaw joue un rôle important dans l'écologie de l'écosystème du lac.

### **Protection actuelle et autres désignations**

En vertu de la *Loi sur les pêches* du gouvernement fédéral, le MPO est depuis longtemps tenu d'autoriser les projets susceptibles d'altérer l'habitat du poisson. De plus, les gouvernements provinciaux et les administrations municipales réglementent de nombreuses activités d'utilisation des terres et de l'eau qui peuvent avoir une incidence sur les populations de poissons. Le MPO a pour mandat de gérer les pêches en veillant à conserver la ressource au profit de tous les Canadiens. Jusqu'à présent, aucune de ces protections n'a empêché l'effondrement de la population de saumons rouges du lac Sakinaw. Cependant, l'effort de pêche visant les stocks mélangés a été réduit de façon importante en 1998 et le MPO a récemment créé une équipe de rétablissement chargée de coordonner les activités de restauration. Ces mesures sont conformes aux dispositions de la *Loi sur les océans* (1997), loi fédérale en vertu de laquelle le MPO est tenu de gérer les ressources marines du Canada de façon à préserver la diversité biologique et les habitats naturels. À l'automne 2002, le COSEPAC a mené une évaluation d'urgence et placé le saumon rouge du lac Sakinaw sur la liste des espèces en voie de disparition (25 octobre 2002). NatureServe considère le saumon rouge comme non en danger à l'échelle de l'espèce (*secure*) (G5), mais comme en danger critique d'extinction (*critically imperiled*) dans l'Idaho (S1),

en danger (*imperiled*) dans l'État de Washington (S2), apparemment non en danger (*apparently secure*) (S4) en Oregon, et non en danger (*secure*) en Alaska (S5); sa situation est en cours d'évaluation (*under review*) en Californie et en Colombie-Britannique.



## MANDAT DU COSEPAC

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) détermine le statut, au niveau national, des espèces, des sous-espèces, des variétés et des populations sauvages canadiennes importantes qui sont considérées comme étant en péril au Canada. Les désignations peuvent être attribuées à toutes les espèces indigènes des groupes taxinomiques suivants : mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, poissons, lépidoptères, mollusques, plantes vasculaires, mousses et lichens.

## COMPOSITION DU COSEPAC

Le COSEPAC est composé de membres de chacun des organismes fauniques des gouvernements provinciaux et territoriaux, de quatre organismes fédéraux (Service canadien de la faune, Agence Parcs Canada, ministère des Pêches et des Océans, et le Partenariat fédéral sur la biosystématique, présidé par le Musée canadien de la nature), de trois membres ne relevant pas de compétence, ainsi que des coprésident(e)s des sous-comités de spécialistes des espèces et des connaissances traditionnelles autochtones. Le Comité se réunit pour étudier les rapports de situation des espèces candidates.

## DÉFINITIONS

Espèce	Toute espèce, sous-espèce, variété ou population indigène de faune ou de flore sauvage géographiquement définie.
Espèce disparue (D)	Toute espèce qui n'existe plus.
Espèce disparue du Canada (DC)	Toute espèce qui n'est plus présente au Canada à l'état sauvage, mais qui est présente ailleurs.
Espèce en voie de disparition (VD)*	Toute espèce exposée à une disparition ou à une extinction imminente.
Espèce menacée (M)	Toute espèce susceptible de devenir en voie de disparition si les facteurs limitatifs auxquels elle est exposée ne sont pas renversés.
Espèce préoccupante (P)**	Toute espèce qui est préoccupante à cause de caractéristiques qui la rendent particulièrement sensible aux activités humaines ou à certains phénomènes naturels.
Espèce non en péril (NEP)***	Toute espèce qui, après évaluation, est jugée non en péril.
Données insuffisantes (DI)****	Toute espèce dont le statut ne peut être précisé à cause d'un manque de données scientifiques.

\* Appelée « espèce en danger de disparition » jusqu'en 2000.

\*\* Appelée « espèce rare » jusqu'en 1990, puis « espèce vulnérable » de 1990 à 1999.

\*\*\* Autrefois « aucune catégorie » ou « aucune désignation nécessaire ».

\*\*\*\* Catégorie « DSIDD » (données insuffisantes pour donner une désignation) jusqu'en 1994, puis « indéterminé » de 1994 à 1999.

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a été créé en 1977, à la suite d'une recommandation faite en 1976 lors de la Conférence fédérale-provinciale sur la faune. Le comité avait pour mandat de réunir les espèces sauvages en péril sur une seule liste nationale officielle, selon des critères scientifiques. En 1978, le COSEPAC (alors appelé CSEMDC) désignait ses premières espèces et produisait sa première liste des espèces en péril au Canada. Les espèces qui se voient attribuer une désignation lors des réunions du comité plénier sont ajoutées à la liste.



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

Service Canadien  
de la faune

Canadian Wildlife  
Service

Canada

Le Service canadien de la faune d'Environnement Canada assure un appui administratif et financier complet au Secrétariat du COSEPAC.

# **Rapport de situation du COSEPAC**

sur le

## **saumon sockeye (saumon rouge)**

*Oncorhynchus nerka*

population Sakinaw

**au Canada**

2003

## TABLE DES MATIÈRES

INFORMATION SUR L'ESPÈCE .....	4
Nom et classification.....	4
Description.....	4
Populations importantes à l'échelle nationale.....	5
RÉPARTITION .....	10
Répartition mondiale.....	10
Répartition canadienne.....	11
HABITAT .....	12
Besoins en matière d'habitat .....	12
Caractéristiques limnologiques du lac Sakinaw.....	12
Habitat de fraye du lac Sakinaw .....	14
BIOLOGIE .....	15
Types de cycle biologique .....	15
Reproduction .....	15
Alimentation et croissance.....	16
Survie .....	18
Comportement migratoire .....	19
TAILLE ET TENDANCES DE LA POPULATION .....	19
Indices d'abondance des géniteurs .....	19
Indices d'abondance des juvéniles.....	22
FACTEURS LIMITATIFS ET MENACES .....	23
Habitat d'eau douce.....	23
Facteurs naturels en mer.....	24
Pêches.....	24
Introduction d'espèces exotiques .....	30
REPEUPLEMENT ET RESTAURATION .....	30
Repeuplement par propagation artificielle .....	30
Activités de restauration de l'habitat .....	31
IMPORTANCE DE L'ESPÈCE .....	32
PROTECTION ACTUELLE OU AUTRES DÉSIGNATIONS .....	32
SOMMAIRE DU RAPPORT DE SITUATION .....	33
RÉSUMÉ TECHNIQUE .....	35
REMERCIEMENTS.....	37
OUVRAGES CITÉS .....	37
SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DU CONTRACTUEL .....	41

### Liste des figures

Figure 1. Saumons rouges adultes (femelle en haut, mâle en bas) .....	4
Figure 2. Analyse par composantes principales de la distance génétique de Cavalli-Sforza et Edwards entre populations de saumons rouges de la partie centrale de la côte, fondée sur la différenciation à 10 loci d'ADN microsatellite .....	6
Figure 3. Répartition naturelle du saumon rouge et du kokani en Amérique du Nord .....	11

Figure 4. Le lac Sakinaw, ses tributaires et les frayères littorales.....	13
Figure 5. Tendances du nombre d'individus matures dans la population de saumons rouges du lac Sakinaw. ....	21
Figure 6. Taux de déclin moyen du nombre d'individus matures dans la population de saumons rouges du lac Sakinaw estimé par régression des échappées lissées sur une génération est de 33 p. 100 par année ou de 99 p. 100 sur trois générations.....	22
Figure 7. Route principale de migration des adultes et emplacement des pêches visant les populations de saumons rouges ne venant pas du Fraser (Nimpkish, Heydon, Fulmore, Phillips, Village Bay et Sakinaw).....	27
Figure 8. Effort annuel des bateaux de pêche au filet maillant et à la seine de juillet à la mi-septembre, pendant la migration du saumon rouge du lac Sakinaw dans des zones de pêche de stocks mélangés dans les détroits de Johnstone (zones 12 et 13) et de Géorgie (zone 16).....	28

### Liste des tableaux

Tableau 1. Indice Fst par paire pour l'ADN mitochondrial et l'ADN microsatellite .....	8
--	---

## INFORMATION SUR L'ESPÈCE

### Nom et classification

Le saumon rouge, *Oncorhynchus nerka* Walbaum 1792, fait partie de l'ordre des Salmoniformes, famille des Salmonidés, et c'est l'une des sept espèces du genre *Oncorhynchus* au Canada, dont cinq sont des saumons du Pacifique et deux, des truites (Smith et Stearley, 1989; Stearley et Smith, 1993). Parmi ses noms communs, mentionnons les suivants : pour la forme anadrome, saumon rouge, saumon sockeye et saumon nerka, et, en anglais, *sockeye*, *blueback salmon* et *red salmon*; pour la forme non anadrome, kokani et, en anglais, *little redfish* et *kokanee* (Scott et Crossman, 1974).

### Description

Les espèces du genre *Oncorhynchus* se distinguent des autres Salmonidés par leur nageoire anale pourvue de 12 rayons ou plus. Le saumon rouge est la seule espèce de Salmonidé du genre *Oncorhynchus* à posséder 28 à 40 branchicténies longues, minces et très rapprochées sur le premier arc branchial, un nombre relativement peu élevé (45 à 115) de caeca pyloriques et de fines mouchetures noires sur le dos (Hart, 1973; Mecklenburg *et al.*, 2002). En mer, les individus des deux sexes présentent une coloration allant du bleu métallique foncé au bleu verdâtre sur la tête et le dos, les flancs argentés devenant blancs vers le ventre. Au moment de la reproduction, ils deviennent rouges avec une tête vert olive. Les mâles sont plus brillamment colorés et, à maturité, leur mâchoire est allongée et recourbée en forme de crochet et leur dos est bossu (figure 1). Le saumon rouge peut atteindre une longueur totale de 84 cm et peser jusqu'à 7 kg, mais la taille à la reproduction varie selon l'âge où il atteint la maturité; tant l'âge à la maturité que la taille atteinte aux différents âges varient largement d'une population à l'autre (Foerster, 1968). Les mâles précoces (*jacks*), qui passent un seul hiver en mer, sont communs dans certaines populations (Burgner, 1991). Par ailleurs, les kokanis sont en général plus petits à la maturité et ne sont pas toujours brillamment colorés parce qu'ils se nourrissent de petits organismes zooplanctoniques d'eau douce tout au long de leur vie.

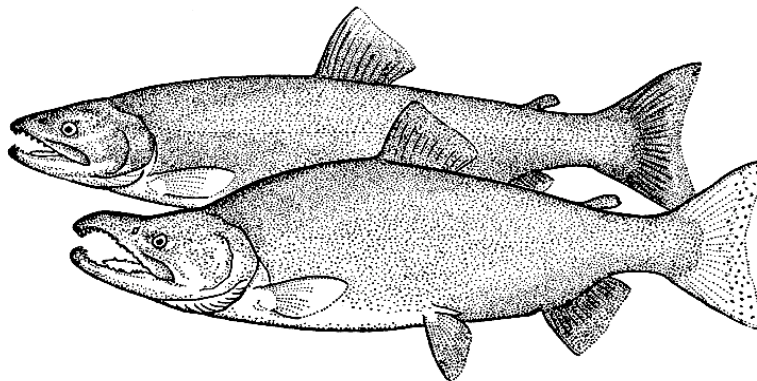


Figure 1. Saumons rouges adultes (femelle en haut, mâle en bas) (tiré de Scott et Crossman, 1974).

## Populations importantes à l'échelle nationale

À l'instar de la plupart des saumons, le saumon rouge forme des populations isolées sur le plan reproductif; cependant, les populations de saumons rouges sont distinctes à une échelle géographique beaucoup plus petite que la plupart des autres espèces de saumons (Wood, 1995). Cette situation est due au fait que les saumons rouges juvéniles croissent en général dans des lacs de séjour, qui sont par leur nature même des endroits séparés et géographiquement isolés, souvent très différents du point de vue de leurs caractéristiques physiques et biotiques (p. ex. température, régimes hydriques, éléments nutritifs, pénétration de la lumière et productivité primaire, compétiteurs et prédateurs, parasites et maladies, et facteurs influant sur la migration anadrome). L'isolement reproductif entre les populations de saumons rouges habitant des milieux lacustres différents favorise l'évolution d'adaptations uniques aux écosystèmes d'eau douce locaux. Par conséquent, les populations de saumons rouges peuvent différer considérablement par leurs caractéristiques biologiques et phénotypiques (question traitée dans Foerster, 1968, et Burgner, 1991). L'importance particulière de la structure à petite échelle de la population et de l'adaptation locale chez le saumon rouge se reflète dans les décisions prises par le National Marine Fisheries Service (NMFS) des États-Unis, qui considère que chaque lac de séjour peut abriter une unité évolutionnaire significative (UES); c'est notamment le cas des lacs Redfish (rivière Snake), Osoyoos (rivière Okanogan), Wenatchee, Quinault, Ozette, Baker (rivière Baker) et Pleasant (Gustafson *et al.*, 1997). Deux populations de ces lacs, celles des lacs Redfish et Ozette, ont été inscrites à la liste en vertu de la *Endangered Species Act* des États-Unis comme espèces en voie de disparition et menacées, respectivement.

La population de saumons rouges du lac Sakinaw (ou saumon rouge Sakinaw) constitue aussi une unité évolutionnaire significative (ou population importante à l'échelle nationale). Une UES se définit comme une population qui : 1) montre un isolement reproductif substantiel par rapport aux autres populations de son espèce et 2) représente une composante importante de patrimoine évolutionnaire de l'espèce (Waples, 1991). Comme l'ont décrit Gustafson *et al.* (1997), la désignation d'une UES repose sur deux critères : isolement reproductif et adaptation locale (patrimoine évolutionnaire). Le saumon rouge du lac Sakinaw répond à ces deux critères.

Preuves de l'isolement reproductif du saumon rouge Sakinaw — Plusieurs études des variations génétiques dans les alloenzymes (Wood *et al.*, 1994), l'ADN microsatellite (ADN $\mu$ sat; Nelson *et al.*, 2003) et l'ADN mitochondrial (ADNmt; Murray et Wood, 2002; Wood, données inédites) ont démontré la présence d'un isolement reproductif important entre le saumon rouge du lac Sakinaw et d'autres populations de saumons rouges anadromes de la région (figure 2). L'indice  $F_{ST}^1$  par paire fondé sur la comparaison entre les fréquences des allèles à 10 loci d'ADN $\mu$ sat observées chez le saumon rouge du lac Sakinaw et celles observées chez les populations de saumons rouges les plus proches s'échelonne entre 0,06 (lac Koeye, zone 9) et 0,13 (lac Heydon, zone 13 et rivière Nimpkish [lac Woss] dans la zone 12) (tableau 1, au-dessus de la diagonale; certains de ces lacs sont représentés à la figure 7). Ces valeurs

---

1 L'indice  $F_{ST}$  est une mesure de la différenciation génétique entre populations communément utilisée pour évaluer le flux génique.



(0,06 à 0,13) sont élevées comparativement à celles observées chez d'autres espèces pour des distances géographiques comparables et elles donnent à penser que les individus issus d'autres populations ayant migré dans le lac Sakinaw ont très rarement réussi à se reproduire; les estimations concernant le flux génique dans le passé donnent respectivement moins de 4 et de 2 migrants ayant réussi à se reproduire par génération, selon les hypothèses habituelle utilisées pour calculer le flux génique à partir des fréquences alléliques au point d'équilibre entre la dérive génétique et la migration (Wright, 1951).

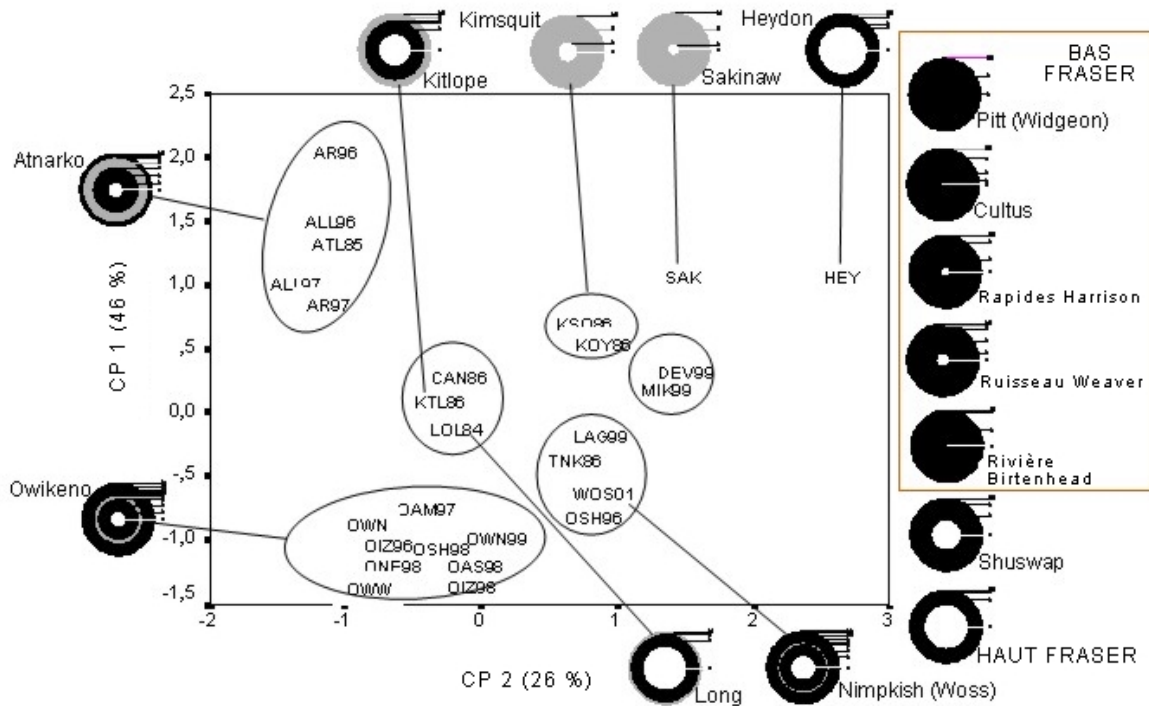


Figure 2. Analyse par composantes principales (CP) de la distance génétique de Cavalli-Sforza et Edwards entre populations de saumons rouges de la partie centrale de la côte, fondée sur la différenciation à 10 loci d'ADN microsatellite (tiré de Nelson *et al.*, 2003). Les diagrammes circulaires indiquent les fréquences relatives des haplotypes de l'ADN mitochondrial (haplotype 1 représenté en blanc, haplotype 5 en gris, tous les autres haplotypes en noir). Les populations du fleuve Fraser sont incluses dans la comparaison parce qu'elles ont fourni les individus utilisés dans les tentatives de transplantaion dans le lac Sakinaw (tiré de Murray et Wood, 2002).

À une exception près, l'indice  $F_{ST}$  par paire fondé sur la comparaison des fréquences d'haplotypes de l'ADNmt (tableau 1, sous la diagonale) s'échelonne de 0,33 (réseau de la rivière Atnarko, zone 8) à 0,60 (lac Heydon), ce qui donne des flux géniques (0,5 à 0,2 femelles migrantes par génération) qui sont même inférieurs à ceux fondés sur les fréquences alléliques dans l'ADN nucléaire. L'exception est la population du lac Kimsquit, que l'on ne peut pas différencier sur la base de l'ADNmt; cependant, une très grande différence dans les fréquences alléliques (16 p. 100 contre 66 p. 100) au locus *PGM-1*, et des différences plus petites à deux autres loci d'alloenzymes (Wood *et al.*, 1994), combinées aux différences dans l'ADN $\mu$ sat figurant au tableau 1 ( $F_{ST} = 0,09$ ), confirment que l'absence de différenciation dans l'ADNmt résulte d'une coïncidence dans la dérive génétique aléatoire plutôt que d'un flux génique continu entre les lacs Kimsquit et Sakinaw.

**Tableau 1. Indice Fst par paire pour l'ADN mitochondrial (sous la diagonale, tiré de Murray et Wood, 2002) et l'ADN microsatellite (au-dessus de la diagonale, tiré de Nelson *et al.*, 2003).**

Population		Taille de l'échantillon		Numéro de la population																				
N°	Nom	ADNmt	ADNusat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	HAUT FRASER	158	--	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	Shuswap	19	--	0,06	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	Rivière Birkenhead	25	--	<b>0,36</b>	<b>0,39</b>	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	Ruisseau Weaver	23	--	<b>0,25</b>	0,04	<b>0,45</b>	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	Rapides Harrison	25	--	<b>0,22</b>	0,07	<b>0,18</b>	<b>0,10</b>	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	Cultus	25	--	<b>0,36</b>	<b>0,24</b>	<b>0,48</b>	<b>0,15</b>	<b>0,25</b>	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	Pitt (Widgeon)	13	--	<b>0,53</b>	<b>0,40</b>	<b>0,84</b>	<b>0,20</b>	<b>0,43</b>	<b>0,52</b>	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	Sakinaw	27	113	<b>0,51</b>	<b>0,56</b>	<b>0,79</b>	<b>0,55</b>	<b>0,61</b>	<b>0,60</b>	<b>0,86</b>	0	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>
9	Heydon	24	34	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,60</b>	<b>0,22</b>	<b>0,35</b>	<b>0,30</b>	<b>0,60</b>	<b>0,60</b>	0	<b>0,14</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>
10	Nimpkish	24	50	<b>0,17</b>	0,03	<b>0,47</b>	0,04	<b>0,18</b>	<b>0,23</b>	<b>0,32</b>	<b>0,47</b>	<b>0,11</b>	0	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,08</b>	<b>0,11</b>	<b>0,04</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>
11	Long	25	51	-0,01	<b>0,09</b>	<b>0,42</b>	<b>0,28</b>	<b>0,24</b>	<b>0,36</b>	<b>0,65</b>	<b>0,56</b>	<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	0	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>
12	Owikeno	59	104	<b>0,20</b>	<b>0,05</b>	<b>0,38</b>	0,03	<b>0,14</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>	<b>0,38</b>	<b>0,16</b>	0,02	<b>0,20</b>	0	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>
13	Koeye	--	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	
14	Rivière Atnarko	79	52	<b>0,26</b>	<b>0,09</b>	<b>0,44</b>	<b>0,06</b>	<b>0,19</b>	<b>0,25</b>	<b>0,22</b>	<b>0,33</b>	<b>0,21</b>	<b>0,04</b>	<b>0,26</b>	0,04	0,00	0	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>
15	Kimsquit	13	62	<b>0,41</b>	<b>0,39</b>	<b>0,72</b>	<b>0,42</b>	<b>0,49</b>	<b>0,48</b>	<b>0,81</b>	<b>0,00</b>	<b>0,43</b>	<b>0,31</b>	<b>0,39</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>	--	0	<b>0,15</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,07</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>
16	Tankeeah	--	78	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>		
17	Lagoon	--	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>	
18	Canoona	--	79	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	<b>0,08</b>	<b>0,14</b>	<b>0,15</b>		
19	Kitlope	15	41	0,02	0,04	<b>0,36</b>	<b>0,18</b>	<b>0,15</b>	<b>0,27</b>	<b>0,59</b>	<b>0,45</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	-0,02	<b>0,11</b>	<b>0,16</b>	--	<b>0,25</b>	--	--	--	0	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>
20	Mikado	--	62	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0,00
21	Devon	--	100	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0

Preuves de l'adaptation locale — Le saumon rouge du lac Sakinaw forme une population distincte des populations du Washington et de l'Oregon (données résumées par Gustafson *et al.*, 1997) par les caractéristiques suivantes : entrée dans la rivière hâtive et sur une longue période, résidence prolongée dans le lac avant la fraye, petite taille corporelle et faible fécondité au moment de la fraye, grande taille au moment de la smoltification et proportion inhabituelle de smolts d'âge 2+ malgré la grande taille des smolts d'âge 1+. Ces caractéristiques sont décrites en détail dans la section « Biologie ».

L'adaptation locale explique l'échec général des tentatives de transplantation de saumons rouges d'un système lacustre à un autre (Withler, 1982; Wood, 1995) ou de rétablissement de populations sauvages dans un habitat modifié (Williams, 1987). Les données sur l'ADN mitochondrial présentées par Murray et Wood (2002, tableau 1) fournissent une preuve solide de l'échec des cinq tentatives (chaque année de 1902 à 1906) de transplantation dans le lac Sakinaw d'alevins de saumons rouges provenant de divers endroits du cours inférieur du fleuve Fraser ainsi que du lac Shuswap. Seulement deux haplotypes d'ADNmt (lignées maternelles distinctes) ont été répertoriés chez le saumon rouge adulte se reproduisant dans le lac Sakinaw en 1988, 2000 et 2001. Ces deux haplotypes ont été nommés haplotype 5 et haplotype 1. L'haplotype 5 était prédominant chez le saumon rouge du lac Sakinaw à une fréquence de 88 p. 100 ( $\pm 12$  p. 100 19 fois sur 20), mais il était absent dans les échantillons provenant du fleuve Fraser, y compris les échantillons provenant de tous les systèmes lacustres d'où provenaient les alevins transplantés. Sauf dans le cas de l'haplotype 1, aucun des haplotypes observés dans les systèmes lacustres d'où provenaient ces alevins (haplotypes 1, 2, 3, 4 et 6) n'a été observé dans le lac Sakinaw. L'haplotype 1 est observé pratiquement partout dans l'aire de répartition asiatique et nord-américaine de l'espèce.

Pour maintenir l'hypothèse que le saumon rouge transplanté dans le lac Sakinaw pourrait avoir survécu, il faudrait envisager que les échantillons d'ADNmt ne seraient pas représentatifs, pour des raisons encore incomprises, et qu'un échantillonnage plus complet pourrait modifier les conclusions, ou encore que les populations du Fraser ayant fourni les alevins, qui auraient renfermé jadis une très forte proportion d'individus porteurs de l'haplotype 5, auraient vu ces derniers disparaître, ou encore que seule une minorité des poissons transplantés (ceux qui étaient porteurs de l'haplotype 1) auraient survécu dans le lac Sakinaw. Étant donné que les haplotypes ne diffèrent que pour quelques nucléotides redondants (troisièmes paires de bases), il est presque certain qu'ils ne sont pas exprimés dans le phénotype et seraient donc considérés comme « invisibles » (neutres) pour la sélection naturelle. Ces changements présumés dans les proportions des haplotypes ne pourraient donc être dus qu'au hasard (dérive génétique) et seraient extrêmement peu probables compte tenu du nombre de poissons transplantés (380 000 alevins sur cinq ans).

En conclusion, le saumon rouge du lac Sakinaw mérite d'être considéré comme une unité évolutionnaire significative ou une population importante à l'échelle nationale au sens du COSEPAC, d'après les deux critères établis dans le but de définir les

« espèces » de Salmonidés aux termes de la *Endangered Species Act* des États-Unis. L'électrophorèse des protéines et les analyses moléculaires de l'ADN indiquent qu'il existe un isolement reproductif important entre le saumon rouge du lac Sakinaw et les autres populations. Les caractéristiques biologiques distinctes des saumons rouges Sakinaw (entrée hâtive dans la rivière, remonte prolongée des adultes, résidence prolongée dans le lac avant la fraye, petite taille, faible fécondité et grande taille des smolts) laissent penser qu'ils sont également distincts des autres populations de l'Amérique du Nord du point de vue évolutionnaire. Le flux génique apparemment très restreint entre le saumon rouge du lac Sakinaw et les autres populations de même que la distance qui le sépare de la population existante la plus proche confirment qu'il n'existe pratiquement aucune possibilité de sauvetage naturel à partir des populations de saumons rouges avoisinantes. Il est presque certain que toutes les tentatives passées de transplantation de saumons rouges dans le lac Sakinaw ont échoué. Par conséquent, nous ne pouvons pas nous montrer optimistes quant aux perspectives de rétablissement d'une remonte de saumons rouges dans le lac Sakinaw si la population indigène venait à y disparaître.

## RÉPARTITION

Le saumon rouge du lac Sakinaw se reproduit uniquement dans ce lac de la péninsule Sechelt, située dans le détroit de Géorgie (Colombie-Britannique), et peut donc être considéré comme endémique au Canada. Cependant, il partage avec de nombreuses autres populations de saumons rouges ses corridors de migration en mer et ses aires d'alimentation dans le Pacifique Nord. Nous donnons ci-dessous un aperçu de la répartition du saumon rouge à l'échelle de l'espèce ainsi que des tendances de sa répartition.

### Répartition mondiale

En général, le saumon rouge est une espèce anadrome répandue naturellement dans tout le Pacifique Nord et les rivières accessibles au nord du 40<sup>e</sup> parallèle. En Amérique du Nord, son aire de répartition naturelle s'étend depuis le fleuve Columbia (Oregon, État de Washington et Idaho) jusqu'à la baie de Kotzebue, en passant par la Colombie-Britannique, le Yukon et le sud-est et l'ouest de l'Alaska (figure 3); en Asie, il est répandu depuis les îles Kouriles méridionales et les îles Komandorskie jusqu'au littoral Nord-Ouest de la mer d'Okhotsk, au Kamtchatka et vers le nord jusqu'à la rivière Anadyr (Foerster, 1968; Burgner, 1991). L'abondance globale et la densité géographique des populations sont le plus élevées au Kamtchatka, dans l'Ouest de l'Alaska et en Colombie-Britannique.

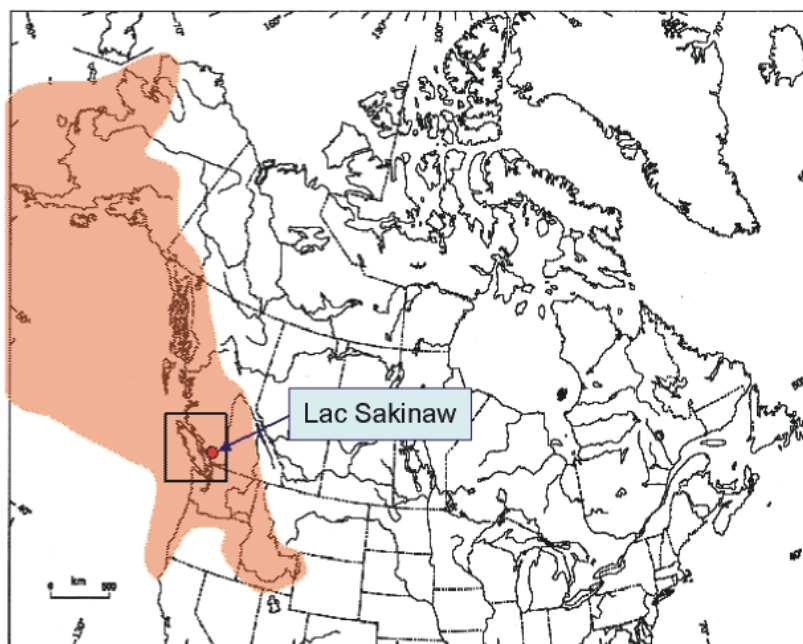


Figure 3. Répartition naturelle du saumon rouge et du kokani en Amérique du Nord (zone surlignée, d'après Wood, 1995). Le carré délimité par un trait gras indique la zone correspondant à la figure 7.

En général, les effectifs du saumon rouge anadrome ont diminué dans les parties méridionales de son aire de répartition (Ricker, 1982; Gresh *et al.*, 2000). On ne le trouve plus à l'état sauvage dans l'île d'Hokkaido et en Californie, bien que ces endroits abritent encore certaines populations de kokanis (non anadromes). Des barrages empêchent maintenant les montaisons de saumons anadromes vers de grands secteurs du bassin du fleuve Columbia et d'autres petits bassins hydrographiques situés dans les États américains contigus ainsi qu'en Colombie-Britannique. Plusieurs documents de synthèse (Konkel et McIntyre, 1987; Nehlsen *et al.*, 1991; Wilderness Society, 1993; Botkin *et al.*, 1995; Slaney *et al.*, 1996) laissent croire que de nombreuses populations locales de saumons rouges sont disparues au Washington et en Oregon, et que plusieurs autres sont en déclin.

### Répartition canadienne

Au Canada, le saumon rouge anadrome est présent dans beaucoup de cours d'eau accessibles par l'océan Pacifique, depuis le fleuve Fraser à la rivière Alsek, ainsi que dans le cours supérieur du fleuve Columbia (Okanagan). On l'a également signalé à l'occasion dans l'océan Arctique et le fleuve MacKenzie (D. Chipertzak, MPO, données inédites). Des populations non anadromes (kokanis) sont répandues dans les bassins hydrographiques de la côte du Pacifique, en particulier dans le fleuve Fraser et les lacs côtiers qui sont devenus inaccessibles au saumon rouge anadrome à la suite d'un relèvement isostatique consécutif à la déglaciation. On sait aussi que des kokanis sont présents à quelques endroits du bassin de drainage de l'Arctique adjacents au bassin du Fraser (rivière Liard et rivière de la Paix, C.J. Foote, Malaspina University College, comm. pers.).

## HABITAT

### Besoins en matière d'habitat

Les besoins du saumon rouge Sakinaw en matière d'habitat sont en général les mêmes que ceux des saumons rouges d'autres populations (voir Foerster, 1968; Burgner, 1991). Le saumon rouge Sakinaw a besoin d'un habitat approprié pour la fraye et la croissance des juvéniles dans le lac Sakinaw où il se reproduit, ainsi que d'un habitat dans le Nord de l'océan Pacifique où il peut s'alimenter et atteindre sa taille adulte. Comme les autres populations anadromes, il doit également disposer d'une voie de passage pour se déplacer librement entre ces deux habitats. Les smolts en migration vers la mer doivent traverser les détroits de Géorgie et de Johnstone pour atteindre le Pacifique Nord, où ils passeront deux étés avant de retourner au lac Sakinaw par le même chemin. Dans l'océan, les saumons rouges se tiennent en général dans les eaux fraîches (2 à 7 °C) de la surface (à moins de 15 m de profondeur), et ceux de la Colombie-Britannique demeurent habituellement au nord de 48 °N et à l'est de 160 °O (French *et al.*, 1976). Leur survie dépend des conditions existantes dans tous ces habitats, mais la taille maximale de la population est probablement limitée par la disponibilité d'habitats appropriés pour la fraye et la croissance dans le lac Sakinaw.

### Caractéristiques limnologiques du lac Sakinaw

Le lac Sakinaw a une superficie de seulement 6,9 km<sup>2</sup> et un périmètre de 35 km (Shortreed *et al.*, 2003). Il comprend deux bassins distincts (figure 4). Le bassin inférieur, le plus grand, atteint une profondeur maximale de 140 m, sa profondeur moyenne étant de 43 m. Le bassin supérieur est petit et peu profond, avec une profondeur maximale de 40 m seulement. Dans les deux bassins, l'eau est claire, la zone euphotique s'étendant jusqu'à un peu plus de 15 m (Shortreed *et al.*, 2003). Le bassin de drainage total est de seulement 64 km<sup>2</sup>, mais englobe un certain nombre de petits cours d'eau et de lacs, dont le plus grand, le lac Ruby, a une profondeur maximale de 112 m.

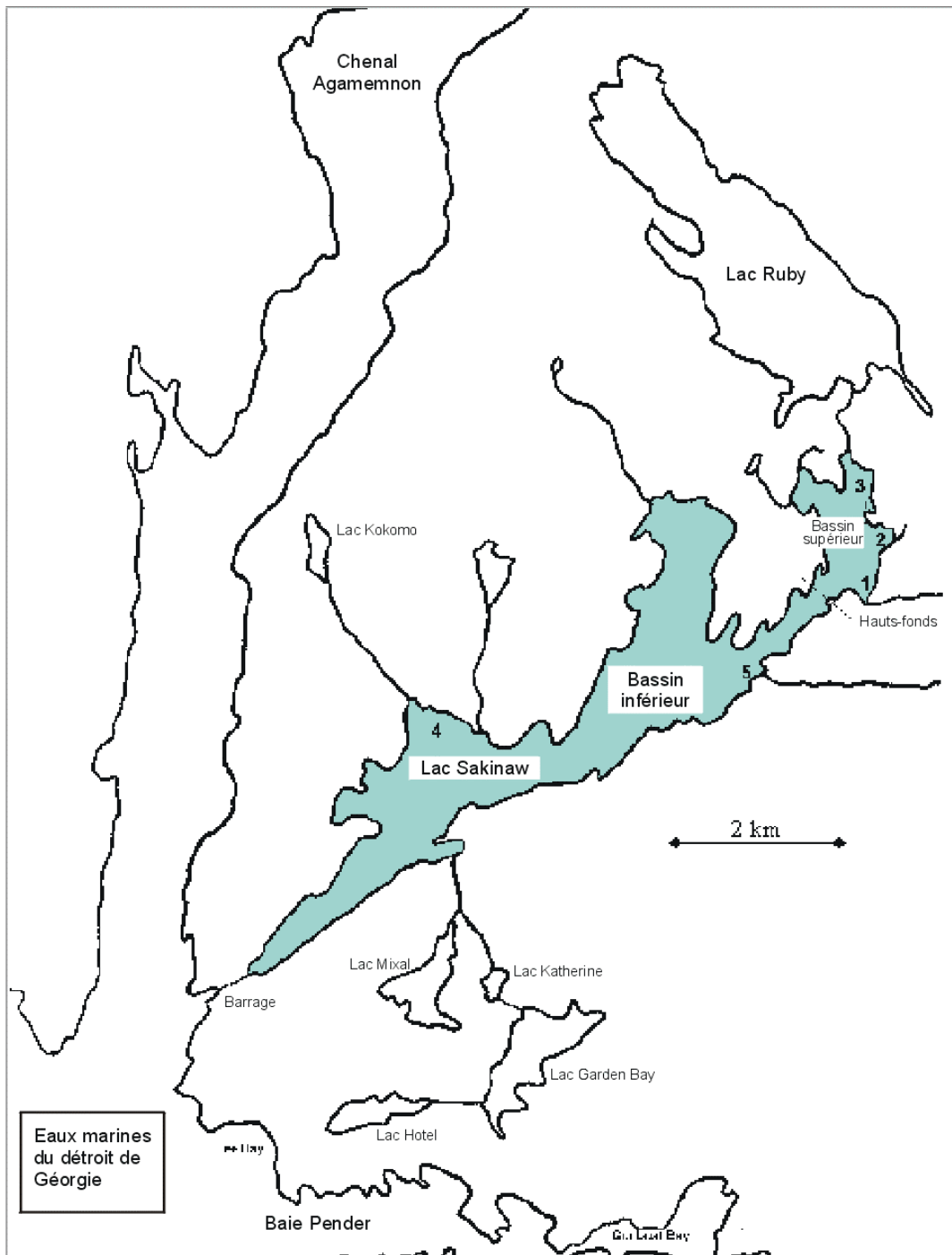


Figure 4. Le lac Sakinaw, ses tributaires et les frayères littorales (numérotées) du saumon rouge : 1 (ruisseau Sharon's); 2 (ruisseau Haskins); 3 (baie du ruisseau Ruby); 4 (baie du ruisseau Kokomo); 5 (sans nom) (tiré de Murray et Wood, 2002).



Les conditions chimiques, la température et la salinité observées au lac Sakinaw sont rares et inhabituelles parce qu'il s'agit d'un plan d'eau méromictique dans lequel une couche d'eau douce de 30 m recouvre des eaux salées chaudes et anoxiques (Northcote et Johnson, 1964); cette configuration empêche le mélange saisonnier des eaux et crée une forte stratification thermique (Hutchinson, 1957; Walker et Likens, 1975). En été, l'épilimnion s'étend jusqu'à 7 m de profondeur et devient trop chaud pour le saumon rouge, mais entre 7 m et 30 m, une couche d'eau fraîche, bien oxygénée et riche en zooplancton, constitue un habitat très propice à la croissance des saumons rouges juvéniles (Shortreed *et al.*, 2003). La productivité primaire totale dans le lac Sakinaw est plus élevée que dans d'autres lacs côtiers de la Colombie-Britannique mais plus faible que dans la plupart des lacs du réseau du Fraser, y compris le lac Cultus (Shortreed *et al.*, 2003). La concentration de matières totales dissoutes se situe entre 113 ‰ et 140 ‰. Entre 30 et 60 m, la température, la salinité et la conductivité augmentent toutes de façon marquée en fonction de la profondeur. La température passe de 5 °C à un maximum de 9 °C à 60 m. La salinité continue d'augmenter légèrement avec la profondeur jusqu'à une valeur maximale légèrement supérieure à 11 ‰. Une forte odeur de sulfure d'hydrogène se dégage dans les échantillons d'eau prélevés à plus de 30 m de profondeur, et les échantillons prélevés à plus de 60 m peuvent écumer lorsqu'on les ramène à la surface. Il ne semble pas y avoir intrusion d'eau de mer dans le bassin supérieur.

### **Habitat de fraye du lac Sakinaw**

Contrairement à la plupart des populations de saumons rouges, le saumon rouge du lac Sakinaw fraye presque exclusivement dans le lac, probablement parce les tributaires ont un débit inadéquat (beaucoup s'assèchent à l'embouchure) ou sont particulièrement sujets à l'affouillement en période de fortes précipitations. Les remontées d'eaux souterraines sont probablement essentielles à la fraye en bordure du rivage dans le lac Sakinaw. La fraye a été observée jusqu'à une profondeur de 25 m, apparemment uniquement dans le voisinage de cônes alluviaux à des endroits où le gravier est suffisamment fin pour permettre l'aménagement des nids pour la ponte (G. McBain, MPO, comm. pers.).

D'après un relevé effectué sur le rivage du lac en 1979, seule une petite partie du rivage offre un habitat approprié pour la fraye. Aucune grande frayère n'a été repérée dans le bassin inférieur (principal) et les recherches subséquentes y ont été centrées sur deux petites aires de fraye. À toutes les frayères, la fraye se déroulait à des profondeurs allant de 0,25 m à 25 m, le plus grand nombre de nids se trouvant entre 3 et 10 m de profondeur. Toutes les frayères principales se trouvaient près de ruisseaux ou de sources évidentes d'eau souterraine. Il y avait de nettes indications de dégradation de l'habitat étant donné que toutes les frayères étaient jonchées de débris ligneux et que des plantes aquatiques y croissaient jusqu'à une profondeur de 3 m. La plupart des saumons rouges qui frayaient ont été observés dans le bassin supérieur du lac, et presque tous (95 p. 100) se trouvaient dans la région qui aurait été la plus touchée par un projet de développement riverain.

La dégradation de l'habitat a été le plus marquée avant le relevé effectué par des plongeurs en 1979, mais elle a continué. Des relevés effectués par des plongeurs en 1999 et en 2000 indiquent qu'actuellement, le saumon rouge n'utilise plus que 15 p. 100 de la frayère 1 (900 m<sup>2</sup> comparativement à 6 000 m<sup>2</sup>). La frayère 2 n'est plus utilisée, et l'habitat propice y a été réduit des trois quarts depuis 1979 (1 500 m<sup>2</sup> comparativement à 6 000 m<sup>2</sup>). D'anciennes frayères actuellement non utilisées par le saumon rouge sont couvertes d'une épaisse couche de boue, de débris organiques et de grumes. L'examen d'autres frayères depuis la surface réalisé en 2000 et en 2001 donne à penser qu'une dégradation similaire de l'habitat s'est produite aux frayères 3, 4 et 5 (G. McBain, MPO, comm. pers.).

## **BIOLOGIE**

### **Types de cycle biologique**

Le saumon rouge utilise davantage les lacs que les autres espèces de saumons du Pacifique pour la croissance des juvéniles. À l'exception des populations de type lotique et de type océanique, qui sont répandues mais pas abondantes, la grande majorité des saumons rouges frayent dans des lacs ou à proximité. Le saumon rouge est une espèce typiquement anadrome, mais il existe aussi des formes non anadromes, qui se développent, frayent et meurent en eau douce sans jamais se rendre dans l'océan. Ces formes portent le nom de kokani lorsqu'elles sont génétiquement distinctes du saumon rouge anadrome, ou de saumon rouge résident lorsqu'il s'agit de la progéniture (surtout mâle) de saumons rouges anadromes. Quelques mâles non anadromes ont été trouvés dans le lac Sakinaw, mais on ne sait pas encore s'il s'agit de saumons résidents ou de kokanis. Deux spécimens fournis à l'auteur en avril 2002 possédaient l'haplotype 5 de l'ADNmt, qui est prédominant chez le saumon rouge anadrome. Il n'y a donc pas encore de preuve indiquant que ces individus non anadromes peuvent persister en l'absence de la forme anadrome, ou qu'ils pourraient contribuer à sauver la population de saumon rouge dans le lac Sakinaw. De plus, les kokanis sont reconnus comme étant relativement abondants dans le lac Ruby, qui se déverse dans le lac Sakinaw, et il se pourrait que des juvéniles du lac Ruby passent dans le lac Sakinaw de temps à autre (G. McBain, MPO, comm. pers.).

### **Reproduction**

Le saumon rouge arrive dans le lac Sakinaw tout au long de l'été, de juin à septembre, le pic de la migration ayant été observé entre le 20 juillet et le 17 août sur une période de 40 ans. La fraye ne commence pas avant la fin de l'automne et atteint un sommet à la fin de novembre, et elle a commencé et s'est terminée en moyenne entre le 20 octobre et le 11 décembre durant cette même période. Ce comportement, caractérisé par une remonte hâtive, la privation de possibilités d'alimentation dans l'océan et un séjour de trois ou quatre mois dans le lac d'origine avant la fraye est atypique chez le saumon rouge, mais il n'est pas rare dans les lacs côtiers et semble correspondre à une adaptation aux régimes de température (Hodgson et Quinn, 2002).

Chez le saumon rouge, le taux de fécondité est élevé (2 000 à 5 200 oeufs) et les œufs sont de petite taille (5,3 à 6,6 mm de diamètre) comparativement à ceux des autres saumons de même taille (Burgner, 1991). Chez le saumon rouge Sakinaw, la fécondité se situe au bas de la fourchette pour le saumon rouge, avec une moyenne de 2 517 oeufs chez 69 femelles récoltées comme génitrices en 1986, 1987, 2000 et 2001; les œufs mesuraient en moyenne 5,6 mm de diamètre et pesaient 300 mg chez 15 femelles échantillonnées en 2001 (Murray et Wood, 2002).

Le saumon rouge du lac Sakinaw a besoin d'un habitat propice pour l'incubation dans le lac de séjour, situé en général le long du rivage dans les secteurs où l'on observe des remontées d'eaux souterraines près de cônes alluviaux. L'habitat choisi pour l'incubation a une incidence sur la disponibilité de l'oxygène dissous et le régime thermique (et par conséquent sur le taux de développement) pendant l'incubation, ainsi que sur l'exposition aux prédateurs et l'accès au lac de séjour. Des expériences ont confirmé que le moment de la fraye et le comportement d'orientation (rhéotaxie) des alevins au moment de l'émergence correspondent à des adaptations génétiques aux conditions locales chez le saumon rouge (Raleigh, 1967; Brannon, 1967, 1972, 1987).

La période d'émergence atteindrait un sommet aux environs du 6 mai (157 jours après la date du pic de fraye, soit le 19 novembre) d'après des relations empiriques décrites par Murray (1980) et le régime de température dans le gravier mesuré à une frayère en 1999-2000. Bien que similaire au moment de la fécondation (9 °C), la température dans le gravier de la frayère était plus stable pendant l'incubation que dans le ruisseau Mixal adjacent, se maintenant juste au-dessus de 6 °C de janvier à avril. Par contre, dans le ruisseau Mixal, les températures ont chuté jusqu'à 3 °C en février, puis elles ont augmenté pour atteindre 12 °C en avril. Des températures d'incubation plus basses produisent des alevins plus gros pour une taille d'œuf donnée (Beacham et Murray, 1986).

## **Alimentation et croissance**

Dans toute l'aire de répartition de l'espèce, les alevins du saumon rouge émergent en général lorsqu'ils atteignent une longueur de 25 à 32 mm. Au début, les alevins nageants se nourrissent près du rivage et se déplacent ensuite vers les eaux plus profondes de la zone limnétique. Les saumons rouges juvéniles sont des prédateurs visuels qui consomment surtout des copépodes (*Cyclops*, *Epischura* et *Diatomus*), des cladocères (*Bosmia*, *Daphnia* et *Diaphanosoma*) et des larves d'insectes (Burgner, 1991). Leur croissance dépend de plusieurs facteurs, dont les réserves de nourriture, la température de l'eau, la stratification du lac, la longueur de la saison de croissance, la turbidité de l'eau et l'évitement des prédateurs (Goodlad *et al.*, 1974; Burgner, 1991). De plus, la disponibilité de la nourriture est largement liée à la densité des saumons rouges juvéniles (Johnson, 1961) et d'autres poissons de la zone limnétique, en particulier, des épinoches à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*, O'Neill *et al.*, 1987), des ménés deux-barres (*Mylocheilus caurinus*) et des populations sympatriques de kokanis (Wood *et al.*, 1999). Un taux de croissance plus élevé peut accroître la survie du saumon rouge pendant son séjour dans le lac et aussi ultérieurement en favorisant

la production de smolts de grande taille (Ricker, 1962; Koenings et Burkett, 1987; Henderson et Cass, 1991).

Les smolts du saumon rouge du lac Sakinaw sont plus grands (100 à 150 mm) que ceux qui sont produits dans la plupart des autres lacs de séjour. Ils sont d'une taille similaire à celle des smolts du lac Washington, lac de séjour très productif pour le saumon rouge (Doble et Eggers, 1978; Burgner, 1991). La comparaison d'écailles prélevées sur des adultes révèle que la croissance en eau douce dans le lac Sakinaw est supérieure à celle de toutes les autres populations de saumons rouges de la Colombie-Britannique (Y. Yole, MPO, comm. pers.). La plupart des saumons rouges juvéniles ne passent qu'un hiver dans le lac Sakinaw (à l'état de poisson nageant librement) avant de migrer vers la mer. Étonnamment, certains d'entre eux (environ 3 p. 100) y demeurent deux hivers et deviennent des smolts encore plus grands. Il est largement admis que l'âge des smolts chez le saumon est déterminé principalement par le taux de croissance, mais que la taille seuil déclenchant le processus de smoltification est un caractère héréditaire (voir par exemple, Thorpe *et al.*, 1982) et varie selon les populations en tant qu'adaptation, reflétant peut-être différents compromis concernant la survie selon la taille en eau douce et en mer. Les smolts issus des populations côtières sont en général plus petits et plus jeunes (ce qui signifierait que la taille seuil déclenchant la smoltification serait plus faible) que ceux des lacs de l'intérieur présentant une productivité comparable. Ainsi, la population du lac Sakinaw est atypique par rapport aux autres populations côtières.

La plupart des saumons rouges anadromes du lac Sakinaw atteignent la maturité et reviennent frayer à l'âge de 4 ans après avoir passé deux hivers en mer. Cet âge correspond, en rapport avec le cycle vital, à la notation 1.2, qui indique la présence sur les écailles d'un annulus formé en eau douce (un hiver) et de deux annuli formés en mer; ainsi, l'âge à la maturité correspond au nombre total d'annuli plus un, parce qu'il n'y a aucun annulus formé pendant le premier hiver de développement embryonnaire. La composition par âge du groupe de géniteurs d'une année de ponte s'établit en moyenne comme suit : 3 p. 100 d'individus de 3 ans (1.1), 87 p. 100 d'individus de 4 ans (1.2 et 2.1) et 10 p. 100 d'individus de 5 ans (1.3 et 2.2). Malgré leur grande taille au moment de la smoltification, les saumons rouges du lac Sakinaw sont petits à la maturité comparativement à ceux des autres populations de saumons rouges du Canada, du Washington et de l'Oregon (Gustafson *et al.*, 1997). La longueur mesurée depuis la marge postérieure de l'orbite jusqu'à l'os hypural chez 10 géniteurs récoltés en 2001 était en moyenne de 445 mm (468 mm chez les mâles, n = 5, é.-t. = 1,8, et 428 mm chez les femelles, n = 5, é.-t. = 9,6). Le poids moyen des saumons rouges qui ont franchi la passe migratoire du lac Sakinaw de 1957 à 1972 se situait entre 1,81 kg (n = 29) et 2,10 kg (n = 15). Par comparaison, le saumon rouge du même âge (2 hivers en mer) pèse en moyenne 2,73 kg dans le fleuve Fraser et 2,56 kg dans la baie Bristol (Burgner, 1991).

## Survie

La survie des juvéniles de la population du lac Sakinaw n'a pas fait l'objet de recherches, mais les saumons rouges juvéniles d'autres populations sont souvent exposés à une prédation intense par diverses espèces de poissons et d'oiseaux tant pendant leur séjour dans le lac que pendant leur migration hâtive vers la mer (Burgner, 1991). Dans l'océan, près du littoral et au large, la prédation effectuée par des poissons, des oiseaux et des mammifères marins ainsi que la compétition avec les autres espèces de poissons pour la nourriture a une incidence sur la croissance et la survie du saumon rouge. La croissance et la survie en mer du saumon du Pacifique peuvent être affectées par des épisodes périodiques (El Niño) de réchauffement des eaux à l'échelle locale et par des changements dans les conditions du milieu océanique dans le Pacifique Nord (voir par exemple Francis, 1993; Beamish *et al.*, 1997; Mueter *et al.*, 2002a, 2002b).

Parmi les prédateurs potentiels de saumons rouges juvéniles dans le lac Sakinaw ou à proximité, mentionnons les suivants : truite fardée (*O. clarki*), saumons cohos (*O. kisutch*) et saumons quinnats (*O. tshawytscha*) juvéniles, chabot piquant (*Cottus asper*) et lamproies (*Lampetra tridentata* et *L. ayresii*). Des cicatrices rondes, apparemment laissées par des lamproies, ont été observées sur des smolts de saumon coho pendant un relevé au schnorkel effectué en aval du barrage de l'émissaire le 26 avril 2002 (Bates et August, 1997). De nombreuses cicatrices de lamproies ont également été observées en 2002 sur des saumons rouges adultes en fraye. Ces observations appuient des rapports antérieurs (J.D. McPhail, UBC, comm. pers.) selon lesquels le lac Sakinaw abrite une forme parasite non anadrome du *L. tridentata*. Les principaux oiseaux prédateurs sont les suivants : Plongeon huard (*Gavia immer*), Grèbe jougris (*Podiceps grisegena*), Grand Harle (*Mergus merganser*), Martin-pêcheur d'Amérique (*Megaceryle alcyon*), Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), Pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) et diverses espèces de Laridés (*Larus* spp.). Parmi les mammifères prédateurs qui consomment des adultes, on trouve probablement les espèces suivantes : loutre de rivière (*Londra canadensis*), phoque commun (*Phoca vitulina*), orque (*Orca orcensis*), vison d'Amérique (*Mustela vison*) et ours noir (*Ursus americanus*). Les phoques et les loutres de rivière sont communs près de l'émissaire du lac et consomment probablement tant des smolts que des adultes dans le petit estuaire du ruisseau Sakinaw et le chenal Agamemnon avoisinant. Environ 10 à 15 p. 100 des saumons rouges adultes qui ont franchi la passe migratoire entre 1957 et 1987 portaient des cicatrices. La plupart de ces cicatrices sont probablement attribuables à la pêche commerciale au filet maillant ou à la pêche illégale; des phoques (T. Gjernes, MPO, comm. pers.) et des loutres de rivière (G. McBain, MPO, comm. pers.) ont été aperçus poursuivant ou consommant du saumon près de l'émissaire du lac et peuvent aussi infliger des blessures.

La prédation sur le saumon en migration est en général dépensatoire (voir par exemple Wood, 1987), de sorte que son importance dans la limitation du taux de survie des smolts jusqu'à l'âge adulte peut avoir augmenté à mesure que l'abondance du saumon rouge du lac Sakinaw diminuait. Cependant, ce phénomène dépend des tendances des effectifs des autres

proies, y compris des autres Salmonidés. Une exploitation aquicole établie à la pointe Daniel (juste au sud du lac Sakinaw) au début des années 1990 peut aussi avoir attiré des mammifères prédateurs et avoir augmenté leur nombre à proximité des poissons en migration quittant le lac Sakinaw et y revenant.

### **Comportement migratoire**

La migration des smolts à partir du lac Sakinaw commence au début d'avril et se poursuit jusqu'à la mi-juin, le pic se produisant au début de mai. La période de migration a été similaire sur quatre années durant lesquelles on a recensé les smolts (1994 à 1997, Bates et August, 1997), avec de légères fluctuations temporelles du pic de migration, peut-être dues à des variations du débit sortant du lac, de la température et des conditions météorologiques.

Les saumons rouges adultes du lac Sakinaw arrivent dans le détroit de Johnstone dès le 28 juin, comme en témoigne une étude de la composition des prises menée en 1975 et fondée sur l'analyse des écailles (Henry, 1961; Argue, 1975). Des expériences de marquage menées par la Commission du saumon du Pacifique (CSP, à l'époque Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique, CIPSP) indiquent que le saumon rouge du fleuve Fraser migre depuis l'extrémité ouest du détroit de Johnstone jusqu'à la zone 16 en 7 à 14 jours, en parcourant une distance de 40 à 56 km par jour (Verhoeven et Davidoff, 1962). Les seules données de marquage disponibles pour le saumon rouge du lac Sakinaw proviennent d'un seul poisson relâché le 10 août 1925 dans la baie Deepwater (zone 13) et récupéré huit jours plus tard dans le ruisseau Sakinaw (noté sous le nom de Sauch-en-auch) (Williamson, 1927). Ces données restreintes concernant le moment de l'arrivée dans le détroit de Johnstone (fin juin) et la durée de la traversée des détroits de Johnstone et de Géorgie (7 à 14 jours) sont compatibles avec les observations plus nombreuses concernant le moment de l'arrivée dans le lac Sakinaw. Dans 34 années où ont été effectués des dénombrements visuels à la passe migratoire (à partir de la fin de juin), la date moyenne de la première arrivée enregistrée a été le 7 juillet (fourchette : 28 juin au 15 juillet). La date moyenne de la dernière arrivée enregistrée a été le 29 août (10 août au 28 septembre). La date moyenne du pic migratoire a été le 30 juillet (20 juillet au 17 août). La durée moyenne de la montaison saisonnière a été de 53 jours (33 à 88 jours), la durée la plus longue et la remonte la plus forte ayant été enregistrées en 1975, année où la mortalité par pêche a été minimale à cause d'une grève générale dans le secteur des pêches à la fin de juillet et en août. Quand le débit des eaux est faible et que la température de l'eau est élevée, la migration vers le lac Sakinaw peut être retardée ou perturbée.

## **TAILLE ET TENDANCES DE LA POPULATION**

### **Indices d'abondance des géniteurs**

Étant donné que tous les saumons rouges meurent après la fraye et toujours l'année même où ils atteignent la maturité, on estime habituellement le nombre de poissons adultes

d'une population en considérant qu'il correspond au nombre de poissons qui survivent pour se reproduire. Dans la plupart des populations, ce nombre équivaut à peu près au nombre de poissons qui échappent aux pêches côtières et atteignent leur habitat de fraye natal (qu'on appelle « échappée de géniteurs »). Les estimations des échappées de géniteurs du lac Sakinaw sont consignées pour la période de 1947 à 2002 dans le Système de données sur la remonte des salmonidés (SDRS) du MPO. La plupart des années, entre 1949 et 1989, l'estimation inscrite dans le SDRS est fondée sur le dénombrement des saumons rouges entrant dans le lac Sakinaw par la passe migratoire et est considérée comme un indice raisonnablement fiable des abondances relative et absolue (voir l'analyse dans Murray et Wood, 2002). Le dénombrement à la passe migratoire a été interrompu de 1990 à 2001, mais le nombre de saumons rouges frayant près du rivage a été estimé à l'aide de diverses méthodes dont la fiabilité et l'uniformité ne sont pas connues.

Les estimations du SDRS ne permettent pas de dégager une tendance nette entre 1947 et 1987, car elles fluctuent entre 750 et 16 000 adultes, la moyenne étant d'environ 5 000. Bien que cette population n'ait jamais été « gérée activement », l'échappée cible proposée par le MPO est de 14 000 saumons rouges (DFO, 1988). Depuis 1987, les estimations des échappées ont diminué régulièrement (figure 5). Si l'on résume les données sur les échappées par périodes de 5 ans, la valeur moyenne obtenue pour les années 1988 à 1992 se situe juste au-dessus de 1 000 (fourchette de 500 à 2 500); entre 1993 et 1996, on obtient une valeur de moins de 200 (fourchette de zéro à 250), et de 1997 à 2001, la valeur tombe à moins de 50 (fourchette de 1 à 122). Dans une certaine mesure, l'effort de dénombrement et le manque d'uniformité des méthodes ont eu une incidence sur l'exactitude des estimations annuelles de 1989 à 1998, mais il est indubitable que, dans l'ensemble, il y a un déclin important. Des relevés plus systématiques effectués par des plongeurs sur les frayères de 1999 à 2002 ont donné des estimations allant de 14 (23 nids) à 122 géniteurs (60 nids). En 2002, les saumons rouges ont été dénombrés à la passe migratoire et à l'aide d'un relevé par des plongeurs, ce qui permet une comparaison directe; à la barrière, on a recensé 78 géniteurs alors que, sur les frayères, les plongeurs n'ont compté que 44 géniteurs (G. McBain, MPO, comm. pers.). D'après ces résultats, il semble que les relevés effectués par les plongeurs sous-estiment l'abondance réelle; toutefois, cette situation est étonnante compte tenu des excellentes conditions de visibilité et de la possibilité de compter un même poisson une deuxième fois lors d'un relevé subséquent. D'un autre côté, ces résultats peuvent indiquer qu'il y a une forte mortalité chez le saumon rouge après son entrée dans le lac Sakinaw. Cette dernière explication semble plus plausible parce que le saumon rouge entre dans le lac plusieurs mois avant la fraye et est vulnérable à la prédation, en particulier celle d'une lamproie parasite non anadrome (probablement *Lampetra tridentata*). Tous les saumons rouges capturés comme géniteurs en 2002 portaient des cicatrices laissées par des lamproies, mais aucun ne présentait une blessure fraîche (G. McBain, MPO, comm. pers.).

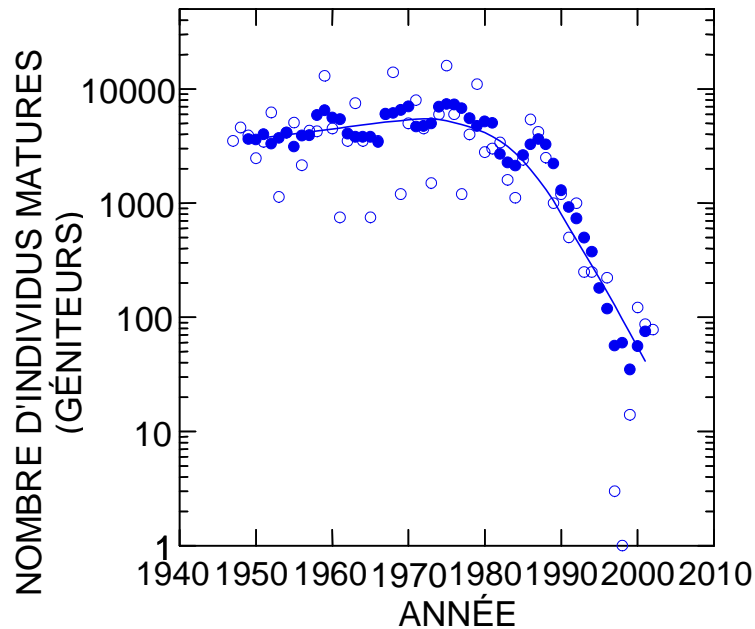


Figure 5. Tendances du nombre d'individus matures dans la population de saumons rouges du lac Sakinaw. Les cercles vides correspondent aux estimations annuelles des échappées de géniteurs; les cercles pleins représentent les estimations correspondantes lissées sur une génération (4 ans); la courbe est ajustée aux données lissées suivant la procédure LOWESS.

Les dénombrements annuels des géniteurs devraient représenter tous les poissons matures de la population pour chaque année, mais ils présentent souvent de grandes fluctuations à cause des variations interannuelles dans l'abondance et la survie des géniteurs de la génération parentale. Pour éliminer le « bruit » annuel non lié à toute tendance sous-jacente dans la situation de la population, il faudrait lisser les dénombrements de géniteurs, par exemple en calculant compilant une moyenne mobile sur une génération. La pente (négative) d'une droite ajustée à une série chronologique lissée présentée sur une échelle d'abondance logarithmique fournira la meilleure estimation pour un taux de déclin constant dû à une menace sous-jacente. Cette procédure facilite aussi la comparaison avec les valeurs seuils des taux de déclin qui déclenchent une désignation en vertu des critères de l'UICN. Dans la figure 6, les échappées annuelles du saumon rouge du lac Sakinaw de 1988 à 2002 ont été lissées suivant une moyenne mobile sur 4 ans pour obtenir une série chronologique de valeurs lissées couvrant 3 générations, soit une période de 12 ans (1990 à 2001; figure 6). Aucun géniteur n'a été signalé en 1995, mais cela a été traité comme un cas de donnée manquante plutôt que comme une absence de géniteurs. On a obtenu la droite de régression en fonction des années ( $p < 0,001$ ) en transformant les données lissées en valeurs logarithmiques et on a ainsi pu estimer le taux de déclin à 33 p. 100 par année, ou 99 p. 100 de déclin sur les 3 générations. Les fluctuations annuelles dans l'abondance des diverses classes d'âge auront une incidence si on utilise plutôt la formule de calcul proposée dans les instructions du COSEPAC, qui est fondée sur la diminution de l'abondance entre la première année et la dernière année de la série chronologique; cette méthode est ainsi particulièrement sensible au choix des deux années utilisées pour la comparaison. Cependant, dans le cas présent, elle donne des réductions estimatives similaires se situant entre 93 p. 100 (de l'estimation visuelle de 1990 au relevé



de 2001 effectué par des plongeurs) et 87 p. 100 (de l'estimation visuelle de 1991 au dénombrement à la barrière de 2002) sur trois générations.

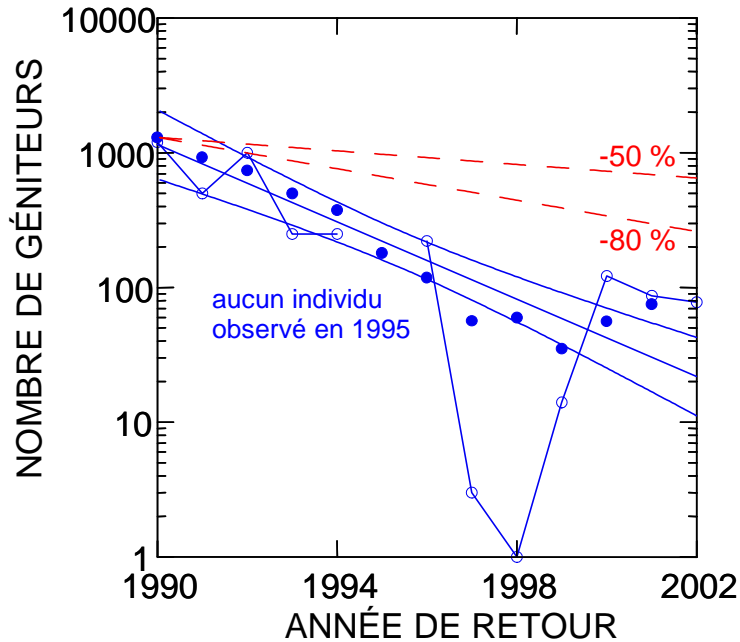


Figure 6. Le taux de déclin moyen du nombre d'individus matures dans la population de saumons rouges du lac Sakinaw estimé par régression des échappées lissées sur une génération (cercles pleins) est de 33 p. 100 par année ou de 99 p. 100 sur trois générations (12 ans). Les cercles vides correspondent aux estimations annuelles des échappées de géniteurs; les courbes représentent l'intervalle de confiance à 90 p. 100 de la droite de régression; les lignes pointillées correspondent aux taux de déclin seuils de l'UICN de 50 p. 100 et de 80 p. 100 sur 12 ans. La donnée de 1995 est considérée comme étant manquante.

### Indices d'abondance des juvéniles

Les smolts ont été recensés à l'aide d'expériences de marquage-recapture à l'émissaire du lac Sakinaw de 1994 à 1997. Le nombre total de smolts qui ont migré vers la mer pendant ces années a été estimé respectivement à 15 880, 12 760, 2 500 et 5 200, sur la base d'un taux de piégeage de 3 à 5 p. 100 (Bates et August, 1997). Si le taux de survie des smolts jusqu'au stade adulte était de 4,5 p. 100, soit la valeur moyenne pour d'autres populations de saumons rouges où les smolts sont de grande taille (Forester, 1968), les retours totaux d'adultes correspondants avant la mortalité par pêche aurait été de 715, 574, 113 et 232 adultes en 1996, 1997, 1998 et 1999, respectivement. Bien sûr, les échappées signalées pour les années en question étaient beaucoup plus faibles (1 à 222), probablement à cause d'une sous-estimation lors du relevé visuel et des pertes réelles dues à la mortalité par pêche et à la prédation dans le lac. Cependant, même en ne tenant pas compte des estimations visuelles des échappées de géniteurs et en supposant un taux de survie en mer élevé et une mortalité par pêche négligeable, les estimations de l'abondance des smolts indiquent que les effectifs totaux d'adultes doivent avoir diminué d'un ordre de grandeur depuis les dénombrements plus fiables des années 1980.

## FACTEURS LIMITATIFS ET MENACES

Divers facteurs limitatifs et menaces naturels et anthropiques peuvent influencer sur la survie du saumon rouge du lac Sakinaw tant en eau douce qu'en mer.

### Habitat d'eau douce

Les frayères littorales utilisées dans le lac Sakinaw sont vulnérables aux glissements de terrain dus aux hausses rapides du débit des cours d'eau et aux crues, particulièrement en hiver lorsque la pluie tombe sur le sol enneigé. La moyenne des précipitations annuelles s'échelonne entre 850 mm à faible altitude et 2 500 mm à haute altitude. Les précipitations les plus abondantes tombent en hiver sous forme de pluie; moins de 10 p. 100 des précipitations totales tombent sous forme de neige au niveau de la mer, mais cette proportion augmente nettement avec l'altitude (voir dans Murray et Wood, 2002, et Shortreed *et al.*, 2003, pour des descriptions détaillées du climat et des caractéristiques limnologiques).

Les activités humaines ou les phénomènes naturels qui réduisent les remontées d'eau souterraine ou la perméabilité du substrat en entraînant une accumulation de limon ou de débris ligneux près des frayères peuvent causer de la mortalité pendant l'incubation en entravant l'arrivée d'eau oxygénée et l'élimination des déchets métaboliques. Les frayères ont été dégradées par la construction d'installations pour la navigation de plaisance et les effets cumulatifs de l'entreposage du bois. La dégradation la plus marquée a eu lieu avant les relevés effectués par des plongeurs en 1979, mais la dégradation s'est poursuivie par la suite. D'après les relevés effectués par les plongeurs en 1999 et en 2000, le saumon rouge n'utilise plus actuellement que 15 p. 100 de la superficie de la frayère 1, et aucun saumon n'utilise la frayère 2, où il ne reste plus que 25 p. 100 de l'habitat propice. D'anciennes frayères, qui ne sont plus utilisées par le saumon rouge, sont recouvertes d'une épaisse couche de boue, de débris organiques et de grumes.

Le lac Sakinaw se trouve à une altitude de 5 m seulement, mais il est possible que le saumon rouge ait de la difficulté à y entrer et à en sortir pendant les périodes de basses eaux. L'émissaire du lac a été partiellement ou totalement bloqué depuis le début des années 1900 par des barrages construits pour retenir l'eau et les grumes. En 1952, le MPO a construit sur l'émissaire un barrage permanent pourvu d'une passe migratoire. Depuis ce temps, le niveau d'eau du lac a été réglé de façon à y retenir l'eau à la fois pour les activités récréatives et les habitants des chalets et pour la migration du saumon. Un faible débit d'eau et une élévation de la température de l'eau peuvent retarder ou entraver la migration dans le lac Sakinaw, et le saumon rouge emprunte la passe migratoire seulement la nuit à marée haute. La présence de prédateurs, surtout des loutres de rivière, dans la passe migratoire ou à proximité, peut perturber la migration de fraye. Lorsque la migration est perturbée, le poisson qui retourne vers l'océan n'a pas accès à la passe migratoire avant la nuit suivante parce que la porte d'accès est close pendant la marée haute diurne. En 1995, on a amélioré la voie de passage vers la passe migratoire en installant dans le ruisseau, en aval de la barrière, deux grosses structures de pierres

créant de grands bassins. Ces derniers permettent aux saumons en migration de se reposer et leur offrent une certaine protection contre la pêche illégale et la prédation. De plus, on s'est efforcé de restructurer l'émissaire de façon à ce que ses eaux demeurent concentrées dans un chenal étroit.

## Facteurs naturels en mer

Il est généralement admis que la mortalité naturelle en mer est due en majeure partie à la prédation et que les facteurs physiques (température, salinité, ourants) ainsi que les facteurs biotiques intrinsèques (adaptation génétique, alimentation, parasitisme et maladie) ont une incidence sur la vulnérabilité à la prédation. En mer, les prédateurs incluent une grande variété d'espèces, depuis les oiseaux plongeurs et les poissons piscivores jusqu'aux pinnipèdes et aux orques. Selon certaines indications fournies par la présence de cicatrices et les prises au chalut, le saumon rouge du lac Sakinaw serait particulièrement vulnérable à la prédation effectuée en mer par la lamproie à queue noire (*Lampetra ayresii*), qui est relativement abondante dans le détroit de Géorgie près du lac Sakinaw (R. Beamish, MPO, comm. pers.). De plus, la croissance et la survie en mer de toutes les espèces de saumons du Pacifique peuvent être affectées par les épisodes de réchauffement de l'eau (El Niño) à l'échelle locale et par des variations des conditions océaniques dans le Pacifique Nord (voir par exemple Francis, 1993; Mueter *et al.*, 2002a, 2002b).

## Pêches

Le saumon rouge Sakinaw fait l'objet d'une pêche dirigée terminale, mais entre en plus grand nombre dans les prises accidentelles des pêches de stocks mélangés visant des populations plus nombreuses de saumons rouges et de saumons roses. Une pêche terminale importante a probablement été pratiquée la plupart des années, mais des estimations fiables des prises dans les pêches terminales sont disponibles pour trois ans seulement, soit 1947, 1952 et 1972. Le taux de récolte dans les pêches terminales en 1947 n'a été que de 1,4 p. 100 (50 prises pour une échappée estimée à 3 500 saumons rouges). En 1952, le taux de récolte dans les pêches terminales a été beaucoup plus élevé, soit de 14 p. 100 (1 000 prises au filet maillant par trois ou quatre bateaux à rames dans la baie Lee pour une échappée de 6 000 saumons rouges). En 1952, la pêche était ouverte six jours par semaine, mais la pêche commerciale et la pêche récréative étaient toutes deux interdites dans un petit sanctuaire situé près de l'embouchure du lac Sakinaw, qui faisait l'objet de patrouilles régulières visant à prévenir la pêche illégale (A. Skipper, MPO, comm. pers.). La pêche illégale et le braconnage du saumon rouge dans la passe migratoire du lac Sakinaw ont été une source de préoccupation pour le personnel d'application de la loi depuis la récolte des premières données sur le saumon rouge du lac Sakinaw, mais l'ampleur de la récolte illégale n'a jamais été estimée. En 1972, le taux de récolte dans les pêches terminales a encore augmenté, se situant entre 23 et 29 p. 100, d'après les prises évaluées entre 1 350 et 1 800 saumons rouges, effectuées par deux ou trois bateaux à filets maillants, surtout dans la baie Lee (suivie de Middlepoint, de Bargain Harbour et du chenal Sabine; R.P. Kraft, MPO, comm. pers.). L'échappée de 1972 comptait 4 500 saumons rouges, soit à peu près la moyenne pour les 20 années précédentes.

Le saumon rouge revient dans le lac Sakinaw par le détroit de Johnstone (figure 7). Il partage ce corridor de migration avec d'autres populations de saumons rouges, notamment celles qui reviennent dans des lacs situés à proximité du détroit de Johnstone (lacs Nimpkish, Heydon, Phillips et Village Bay) et les saumons rouges du réseau du Fraser qui se détournent de leur voie migratoire habituelle pour approcher le fleuve par le nord. Le « taux de détournement » se reflète dans la proportion de la prise totale de saumons rouges du Fraser qui est capturée le long la route d'approche par le nord (c.-à-d. celle qui passe par le détroit de Johnstone plutôt que par le détroit de Juan de Fuca). Un taux de détournement plus élevé implique un effort de pêche plus grand dans les pêches qui tuent du saumon rouge du lac Sakinaw, notamment aux endroits suivants :

- *zone statistique 11* –pêche aux lignes traînantes et au filet maillant peu importante pratiquée au large de l'extrémité nord de l'île de Vancouver;
- *détroit de Johnstone* – principale pêche sur les saumons du fleuve Fraser qui passent par le nord; en général, il s'agit d'une pêche à la senne, mais on y pratique aussi la pêche aux lignes traînantes et au filet maillant; les prises plus modestes de la pêche autochtone et des pêches expérimentales sont comprises dans les statistiques des prises commerciales; le détroit de Johnstone est subdivisé en deux tronçons, soit le tronçon supérieur (zone 12) et le tronçon inférieur (zone 13).
- *détroit de Géorgie* – la pêche aux lignes traînantes a été pratiquée dans tout le détroit de Géorgie, mais une petite pêche au filet pratiquée dans la zone statistique 16 (concentrée principalement dans le chenal Sabine) a une incidence plus importante sur le saumon rouge du lac Sakinaw.

L'intensité globale de la pêche de stocks mélangés dans les détroits de Johnstone et de Géorgie a augmenté en général jusqu'à la fin des années 1990 à cause de fortes abondances et de forts taux de détournement du saumon rouge du fleuve Fraser. L'effort de pêche des senneurs semble avoir diminué dans les deux secteurs depuis la fin des années 1970 lorsqu'on l'évalue en jours-bateaux cumulatifs (figure 8), mais cette mesure de l'effort ne tient pas compte des progrès techniques qui ont accru l'efficacité de la pêche en permettant aux senneurs de déployer leurs filets plus souvent et plus efficacement. De plus, l'effort de pêche au filet maillant dans le détroit de Johnstone a été plus intense dans toute la période 1989-1994 (7 563 jours-bateaux en moyenne, fourchette allant de 6 003 à 9 479) qu'à toute autre période antérieure (4 358 jours-bateaux en moyenne, fourchette allant de 1 333 à 6 104). L'effort de pêche au filet maillant dans le détroit de Géorgie (principalement dans le chenal Sabine, près du lac Sakinaw) était également plus intense entre 1991 et 1994 (1 095 jours-bateaux en moyenne, fourchette allant de 205 à 2 438) que dans les années antérieures (212 jours-bateaux en moyenne, fourchette allant de 5 à 529). Cette intensification de l'effort des bateaux de pêche au filet maillant dans les détroits de Johnstone et de Géorgie a coïncidé avec la période de déclin rapide des échappées du saumon rouge Sakinaw. La réduction des taux de pêche après 1997 reflète les restrictions imposées en matière de pêche par suite de préoccupations touchant la conservation des stocks, une réduction globale de la flottille de pêche et les exigences relatives aux permis par zone. D'autres fermetures (à l'Ouest du cap Lewis)

depuis 1980 ont permis de réduire le taux de récolte du saumon rouge du lac Nimpkish dans la zone 11 et la partie supérieure de la zone 12 (Starr *et al.*, 1984). Cependant, des pêches pratiquées tôt dans la saison dans la partie inférieure de la zone 12 (sous-zones 1 à 4) toucheraient encore le saumon rouge Sakinaw et d'autres stocks de l'extérieur du réseau du Fraser (ceux des lacs Fulmore, Phillips Heydon, et peut-être Village Bay).

Il convient de noter que l'augmentation de l'effort de pêche dans les pêches de stocks mélangés ne se traduit pas nécessairement en une hausse de la mortalité par pêche dans le cas de petites populations comme celle du saumon rouge du lac Sakinaw. Il faut des données détaillées sur le moment de la montaison et les routes migratoires empruntées après les zones de pêche pour obtenir des estimations fiables des taux de récolte propres aux diverses populations dans les pêches de stocks mélangés, et ces données sont rarement disponibles dans le cas des petits stocks. La réglementation de l'effort de pêche en cours de saison dépend en général des indices fournis par les pêches expérimentales concernant l'abondance globale, et par conséquent, de l'abondance des grosses populations de saumons rouges du fleuve Fraser. La gestion du stock de saumons rouges du lac Sakinaw est dite « passive », ce qui signifie que l'effort de pêche n'est pas réglementé d'après des estimations de l'abondance en cours de saison; toutefois, l'échappée de géniteurs est surveillée de façon à permettre l'évaluation du plan de pêche après la saison.

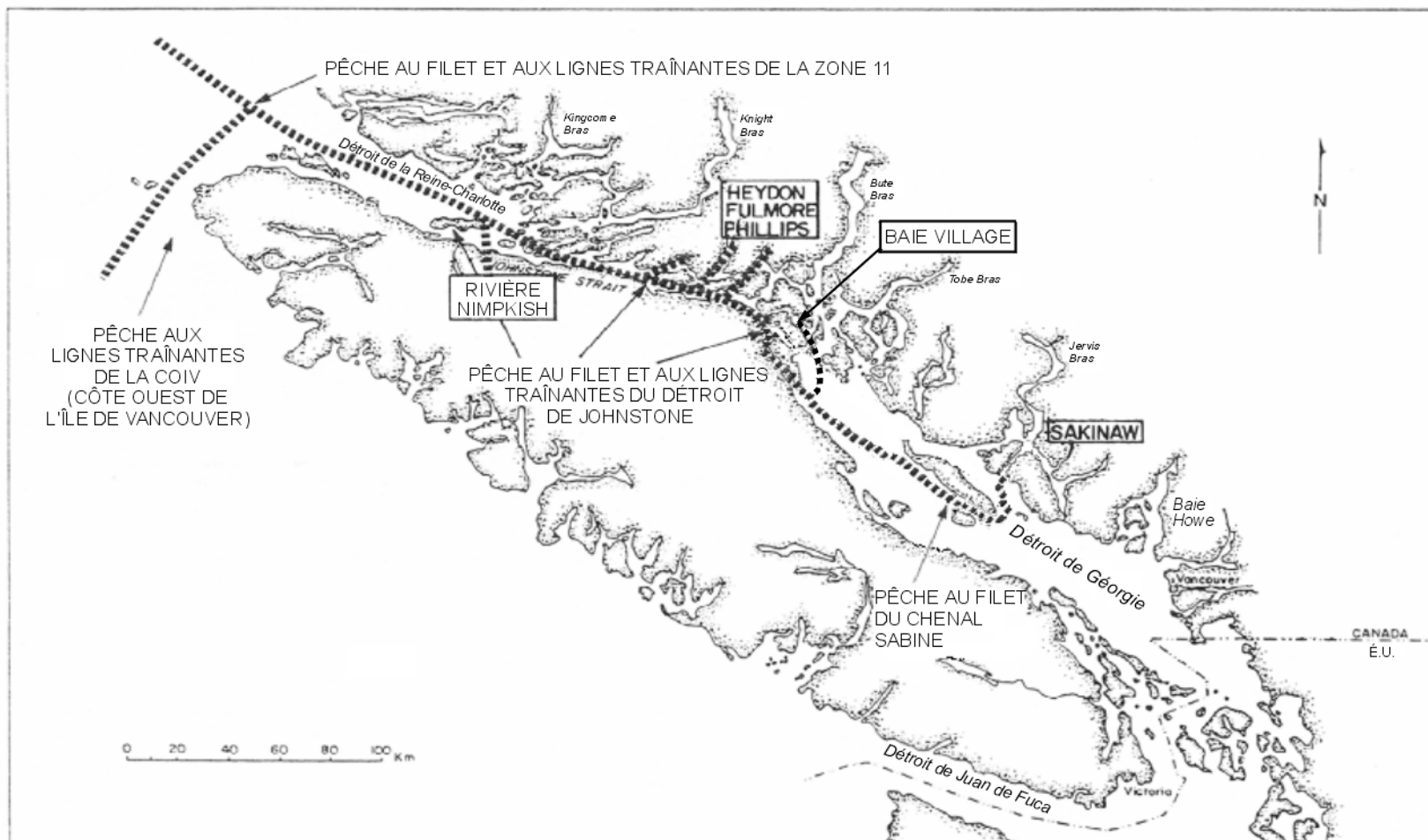
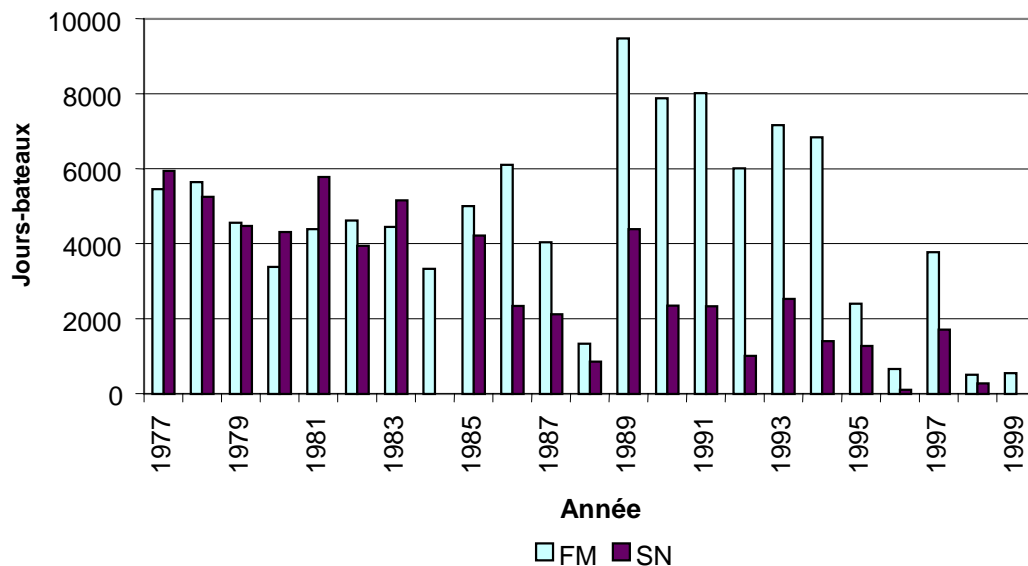


Figure 7. Route principale de migration des adultes (lignes pointillées) et emplacement des pêches visant les populations de saumons rouges ne venant pas du Fraser (Nimpkish, Heydon, Fulmore, Phillips, Village Bay et Sakinaw). Le saumon rouge du lac Sakinaw est récolté surtout dans les pêches au filet du détroit de Johnstone et du chenal Sabine (tiré de Murray et Wood, 2002).

### A) Pêche au filet du détroit de Johnstone



### B) Pêche au filet de la zone 16

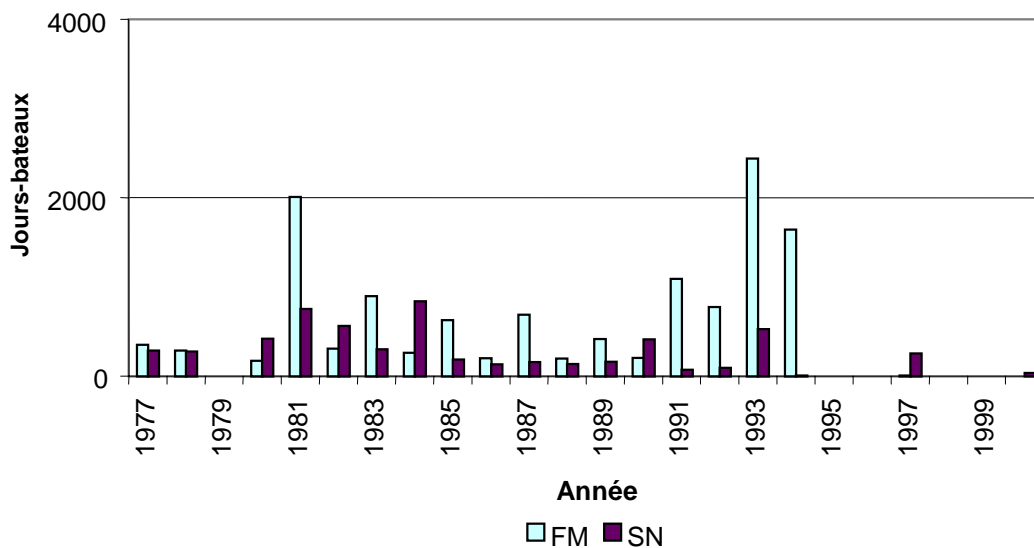


Figure 8. Effort annuel des bateaux de pêche au filet maillant (FM) et à la seine (SN) de juillet à la mi-septembre, pendant la migration du saumon rouge du lac Sakinaw dans des zones de pêche de stocks mélangés dans les détroits de Johnstone (zones 12 et 13) et de Géorgie (zone 16) (tiré de Murray et Wood, 2002).

La Commission du saumon du Pacifique (CSP) a effectué une analyse des écailles pour évaluer la proportion de saumons rouges du lac Sakinaw dans les captures de la pêche au filet dans les détroits de Johnstone et de Géorgie dans la saison 1975. D'après ces estimations de la composition des prises, les prises et le taux d'exploitation totaux du saumon rouge du lac Sakinaw dans les zones 12, 13 et 16 pour l'année en question ont atteint respectivement 14 300 poissons et 47 p. 100 (Argue, 1975). La majeure partie (92 p. 100) de cette mortalité due à la pêche est survenue dans le détroit de Johnstone avant une grève générale qui a commencé la dernière semaine de juillet et s'est poursuivie pendant la majeure partie du mois d'août; l'échappée de saumons rouges du lac Sakinaw pour l'année en question a été la plus importante (16 000) et la plus tardive (jusqu'au 30 septembre) jamais enregistrée. Il n'existe pas de données de même nature pour le saumon rouge du lac Sakinaw pour d'autres années. Cependant, Starr *et al.* (1984) ont effectué des analyses de reconstitution de la remonte et conclu que le taux d'exploitation total du saumon rouge du lac Sakinaw a varié entre 20 et 67 p. 100 (moyenne de 41 p. 100) dans la période 1970-1982. Ces auteurs ont estimé que les taux de récolte dans les pêches du détroit de Johnstone (zones 11, 12 et 13) et de la zone 16 se situaient en moyenne à 37 p. 100 et à 4 p. 100, respectivement.

Murray et Wood (2002) ont déduit le taux d'exploitation total minimal du saumon rouge du lac Sakinaw pour les périodes 1986-1989 et 1992-1994 en utilisant des estimations hebdomadaires des proportions de saumons rouges ne venant pas du Fraser et de saumons rouges de la remonte hâtive de la Stuart dans les prises de la pêche expérimentale de l'île Round (zone 12) qui avaient été établies par analyse des races au moyen des écailles (Gable et Cox-Rogers, 1993; CSP, données inédites). Dans leur première méthode, Murray et Wood (2002) ont supposé que le saumon rouge du lac Sakinaw était récolté au même taux que les populations co-migrantes de saumons rouges du fleuve Fraser (principalement le saumon rouge de la remonte hâtive de la Stuart) dans les pêches pratiquées dans la voie d'approche du fleuve par le nord. Ils ont aussi supposé que la composition par stock dans la pêche expérimentale de la zone 12 était représentative de la composition par stock dans les prises totales des zones 11, 12 et 13. Ils ont estimé le taux de récolte particulier à la zone de pêche en divisant l'estimation hebdomadaire de la récolte de saumons rouges du fleuve Fraser par l'abondance hebdomadaire du saumon rouge du Fraser disponible pour la pêche. Cette dernière valeur était déduite des estimations de l'abondance hebdomadaire dans le cours inférieur du fleuve Fraser, décalées dans le temps pour tenir compte de la durée de la migration, et multipliées par le taux de détournement estimé pour inclure uniquement les poissons ayant emprunté le détroit de Johnstone. Avec cette méthode, les estimations du taux de récolte total du saumon rouge de la remonte hâtive de la Stuart dans la voie d'approche par le nord (et par extension, du saumon rouge du lac Sakinaw) s'échelonnent entre 1 et 56 p. 100 (moyenne de 21 p. 100) pour une migration de 7 jours, et entre 1 et 97 p. 100 (moyenne de 57 p. 100) pour une migration de 14 jours.

Dans leur deuxième méthode, Murray et Wood (2002) ont reconstitué la prise probable de saumons rouges Sakinaw d'après les estimations de la CSP concernant les captures hebdomadaires totales de saumons ne venant pas du Fraser. Parmi les populations ne venant



pas du Fraser, le saumon rouge de la rivière Nimpkish fréquente seulement les zones 11 et 12; le saumon rouge des lacs Heydon, Fulmore et Phillips est présent uniquement dans les zones 11, 12 et 13 et le saumon rouge Sakinaw fréquente les quatre zones. Murray et Wood (2002) ont supposé que le saumon rouge Sakinaw représentait respectivement 8 p. 100, 20 p. 100 et 43 p. 100 des captures totales de saumons rouges ne venant pas du Fraser dans les zones 11 et 12, dans la zone 13 et dans la zone 16, en considérant que la proportion de saumons rouges Sakinaw dans les captures totales devait augmenter en raison inverse du nombre d'autres populations présentes dans les zones. Ces estimations brutes de la prise de saumons rouges Sakinaw, combinées aux données du SDRS sur les échappées, donnent à penser que les taux d'exploitation du saumon rouge Sakinaw dans les pêches au filet des détroits de Johnstone et de Géorgie se situent en moyenne entre 49 et 57 p. 100 (selon l'hypothèse adoptée quant à la durée de la migration) pour la période 1986-1989, et entre 89 et 99 p. 100 pour 1993 et 1994. Il y aurait surestimation des taux d'exploitation si les échappées étaient sous-estimées, comme ce pourrait être le cas pour les années 1993 et 1994 étant donné que les dénombrements à la passe migratoire ont cessé à partir de 1990 (jusqu'en 2002).

### **Introduction d'espèces exotiques**

Des alevins de saumon rouge ont été transplantés dans le lac Sakinaw chaque année de 1902 à 1906. Ces alevins étaient élevés à l'écloserie du fleuve Fraser près de New Westminster, qui a été exploitée de 1884 à 1915. Ces alevins étaient issus du stock Harrison (sites de Big Silver, du ruisseau Weaver, du lac Trout et des rapides Harrison), de celui de la rivière Pitt (cours inférieur et supérieur), de celui de la rivière Birkenhead et de celui du lac Shuswap (ruisseaux Scotch et Tappin, rivière Adams). Environ 380 000 alevins provenant de ces stocks ont été ensemencés dans le lac Sakinaw (Aro, 1979). D'après les analyses génétiques, ces transplantations ont échoué (voir plus haut la section « Populations importantes à l'échelle nationale » et la figure 2).

La Fish and Wildlife Branch de la Colombie-Britannique a tenté d'augmenter la population naturelle de truite fardée anadrome dans le lac Sakinaw en y transplantant 297 931 truites fardées juvéniles (la plupart pesant plus de 10 g) entre 1965 et 1989 (<http://www.bcfisheries.gov.bc.ca/fishinv/db/default.asp>). Or, les prédateurs lacustres peuvent restreindre la production de smolts de saumon rouge, et la truite fardée est un prédateur reconnu des jeunes saumons rouges en tout temps de l'année (Foerster, 1968). Par conséquent, l'ensemencement de truites fardées dans le lac Sakinaw peut y avoir diminué le taux de survie des saumons rouges.

## **REPEUPLEMENT ET RESTAURATION**

### **Repeuplement par propagation artificielle**

Des projets de repeuplement du lac Sakinaw ont débuté en 1986 avec le prélèvement de 28 000 œufs à la frayère Haskins, qui ont été incubés à l'écloserie du ruisseau Ruby, les œufs de chaque femelle étant placés sur un même plateau dans

l'écloserie. Depuis 1986, on a prélevé des échantillons de tous les poissons de la génération parentale (stock de géniteurs) afin de détecter la présence de maladies, plus précisément du virus de la nécrose hématopoïétique infectieuse (NHI) et de la maladie rénale bactérienne. Aucun poisson n'a présenté de signes de ces deux maladies, sauf en 1986, où les œufs d'une seule femelle étaient infectés par le virus de la NHI. Les 2 200 œufs infectés ont été replacés dans la frayère d'origine. Les autres œufs ont été placés en incubation dans l'écloserie et ont produit 23 000 alevins vésiculés qui ont été relâchés dans le lac Sakinaw à la mi-avril 1987. En novembre 1987, on a capturé 18 femelles reproductrices (9 à chacune des frayères 1 et 2) et l'on a incubé leurs œufs à l'écloserie de la Thornborough Channel Salmon Enhancement Society, au ruisseau Ouellette. À la mi-avril 1988, 57 000 alevins vésiculés ont été relâchés à la frayère 1. En 1988, les œufs de 18 femelles ont été incubés à l'écloserie du ruisseau Ouellette; ils ont produit 33 000 alevins qui ont eux aussi été relâchés à la frayère 1. L'ensemencement a ensuite été discontinué jusqu'en 2000, année où 16 000 œufs de 10 femelles ont été incubés et les alevins élevés jusqu'au poids de 1 g à l'écloserie du ruisseau Ouellette; 14 981 alevins nageants ont ensuite été relâchés au milieu du lac le 8 juin 2001. En 2001, on a prélevé les œufs de 15 femelles et les alevins obtenus ont été élevés jusqu'au poids de 1 g; plus de 30 000 alevins nageants ont ensuite été relâchés au début de juin 2002. En 2002, on n'a pu obtenir que six génitrices, la plupart ayant déjà pondu une partie de leurs œufs; moins de 5 000 juvéniles étaient encore vivants en captivité au moment de la rédaction du présent document.

L'établissement aquicole de la Saga Seafarms Ltd, situé à 500 m de la décharge du lac Sakinaw, a élevé une unique génération de saumons rouges issus de la population de la rivière Pitt dans le cadre d'une expérience débutée en 1991. Aucune évasion hors du parc d'élevage n'a été signalée, et l'établissement n'est plus exploité. Selon le responsable du site, la présence de phoques et de loutres de rivière rendait l'exploitation difficile.

### **Activités de restauration de l'habitat**

Les débris laissés par l'exploitation forestière ont été enlevés sporadiquement dans l'émissaire et dans les frayères du lac Sakinaw. Une embâcle de grumes et d'autres débris ont été retirés de l'émissaire en 1972. En 1974, on a enlevé les débris ligneux qui encombraient la frayère 2 jusqu'à une profondeur de 5 à 10 m. Les résidents du bord du lac ont continué de nettoyer le fond ici et là en utilisant des schnorkels et des cordes. Actuellement, on procède à l'enlèvement des grumes à la frayère 1, dans les secteurs où des eaux souterraines entrent dans le lac. Des cailloux de drain ont été utilisés pour améliorer la frayère 2 dans une zone de 25 m par 5 m où les eaux sont plus froides, signe d'une remontée d'eaux souterraines; malheureusement, un seul saumon rouge femelle a été observé (en 2002) à la frayère 2 depuis cet ajout de gravier (G. McBain, MPO, comm. pers.).

## IMPORTANCE DE L'ESPÈCE

Du point de vue économique, le saumon rouge, qui entre dans les prises des pêches commerciale, récréative et autochtone de la côte du Pacifique, est l'espèce de saumon du Pacifique la plus importante. Le nombre de populations a diminué dans les parties méridionales de l'aire de répartition de l'espèce (voir par exemple Nehlsen *et al.*, 1991; Slaney *et al.*, 1996). En janvier 2003, quatre unités évolutives significatives du saumon rouge étaient considérées comme menacées d'extinction, deux dans le sud du Canada (lac Sakinaw et lac Cultus, d'après des évaluations d'urgence menées par le COSEPAC en octobre 2002) et deux dans les États du Nord-Ouest des États-Unis (rivière Snake et lac Ozette, qui figurent sur la liste établie en vertu de la *Endangered Species Act* des États-Unis).

Le lac Sakinaw est le plus grand lac de la péninsule Sechelt et abrite la dernière population de saumons rouges anadromes encore présente dans le Sud du détroit de Géorgie (à l'exception de ceux qui migrent par le détroit de Géorgie jusqu'au fleuve Fraser). La conservation du saumon rouge du lac Sakinaw est hautement prioritaire pour la bande indienne sechelte parce que le lac Sakinaw est situé dans leur territoire traditionnel et a toujours assuré au peuple sechelt d'abondantes remontes de saumons rouges. Le saumon rouge importe des nutriments du milieu marin dans le lac Sakinaw et joue peut-être un rôle important dans le maintien de la productivité de l'écosystème du lac, notamment de diverses espèces animales et végétales. Les juvéniles contribuent à la complexité du réseau trophique du lac, car ils consomment des invertébrés et servent de proies aux poissons, aux oiseaux et aux mammifères. Les adultes qui reviennent dans le lac sont la proie des loutres de rivière, des ours et des lamproies, et leurs carcasses fournissent de la nourriture au Pygargue à tête blanche et à d'autres espèces. Le saumon rouge du lac Sakinaw joue donc un rôle important dans l'écologie de l'écosystème du lac.

## PROTECTION ACTUELLE OU AUTRES DÉSIGNATIONS

Le saumon rouge du lac Sakinaw ne jouit pas de la protection que lui procurerait le fait de se trouver dans un parc ou une zone de protection marine. Les mesures de protection existantes pour cette population sont similaires à celles qui s'appliquent au saumon coho du Fraser intérieur, résumées antérieurement par Irvine (2002). Ainsi, à l'échelle internationale, le Canada a signé la *Convention sur la diversité biologique* en vertu de laquelle les gouvernements sont tenus d'élaborer des lois et des politiques pour la protection des écosystèmes et des habitats et le maintien de populations viables pour les diverses espèces. Au Canada, la *Loi sur les océans* confère au MPO la responsabilité de gérer les ressources marines du Canada de façon à préserver la diversité biologique et les habitats naturels. En vertu de la *Loi sur les pêches* du gouvernement fédéral, il y a longtemps que tout projet de modification de l'habitat doit être autorisé par le MPO. Par ailleurs, en Colombie-Britannique, le gouvernement provincial et les administrations municipales réglementent aussi de nombreuses activités d'utilisation des terres et de l'eau pouvant avoir une incidence sur les populations de poissons. Par exemple, la *Water Act* provinciale régit l'allocation de

l'eau et des permis d'utilisation de l'eau et réglemente les travaux effectués dans les cours d'eau.

En 1998, le MPO a publié *Une nouvelle orientation pour les pêches du saumon du Pacifique au Canada* (MPO, 1998). Les deux premiers principes de cette politique affirment que la conservation des stocks de saumon du Pacifique est l'objectif premier du MPO et doit avoir la priorité sur les autres objectifs dans la gestion de la ressource, et que le principe de précaution doit continuer d'être appliqué dans la gestion des pêches. Ce document a suscité l'élaboration de la *Politique concernant le saumon sauvage* (document de discussion; MPO, 2000), qui vise à promouvoir la viabilité à long terme des populations de saumon du Pacifique et à conserver leur habitat naturel. Ce document est encore à l'étape d'une révision visant à y intégrer les résultats de la consultation publique et il devrait être terminé en 2003. La réduction de l'effort de pêche visant les stocks mélangés dans le détroit de Johnstone depuis 1997 est l'une des conséquences de l'accent placé par le MPO sur la conservation, conformément à la nouvelle orientation. Le MPO s'est également engagé à élaborer un plan de rétablissement afin de coordonner les activités de restauration en consultation avec les intervenants et le Fonds de dotation pour le saumon du Pacifique.

NatureServe (<http://www.natureserve.org/explorer/servlet/natureserve?int=Species>) considère le saumon rouge comme non en danger à l'échelle de l'espèce (*secure*) (G5), mais comme en danger critique d'extinction (*critically imperiled*) dans l'Idaho (S1), en danger (*imperiled*) dans l'État de Washington (S2), apparemment non en danger (*apparently secure*) (S4) en Oregon, et non en danger (*secure*) en Alaska (S5); sa situation est en cours d'évaluation (*under review*) en Californie et en Colombie-Britannique.

## SOMMAIRE DU RAPPORT DE SITUATION

La désignation du saumon rouge du lac Sakinaw (saumon rouge Sakinaw) comme unité évolutionnaire significative (UES) (ou population importante à l'échelle nationale au sens du COSEPAC) est justifiée sur la base des critères de définition des « espèces » de Salmonidés aux termes de la *Endangered Species Act* des États-Unis. D'une part, l'électrophorèse des protéines et des analyses moléculaires de l'ADN indiquent que le saumon rouge Sakinaw est substantiellement isolé des autres populations du point de vue reproductif. D'autre part, les caractéristiques particulières de son cycle vital (entrée dans la rivière hâtive et sur une longue période, résidence prolongée dans le lac avant la fraye, petite taille, faible fécondité et smolts de grande taille) donnent à penser que cette population est également une unité évolutionnaire distincte des populations de saumons rouges de l'État de Washington, de l'Oregon et de l'Alaska. Le flux génique apparemment très restreint entre le saumon rouge du lac Sakinaw et les autres populations de même que la distance qui le sépare de la population existante la plus proche confirment qu'il n'existe pratiquement aucune possibilité de sauvetage naturel à partir des populations de saumons rouges avoisinantes. Il est presque certain que toutes les tentatives passées de transplantation

de saumons rouges dans le lac Sakinaw ont échoué. Par conséquent, nous ne pouvons pas nous montrer optimistes quant aux perspectives de rétablissement d'une remonte de saumons rouges dans le lac Sakinaw si la population indigène venait à y disparaître.

La persistance du saumon rouge du lac Sakinaw est menacée par deux facteurs principaux : la mortalité due à la pêche et la dégradation de l'habitat d'eau douce. Pour le moment, la mortalité par pêche est probablement la menace la plus importante. La surpêche peut être considérée comme la cause première du déclin du fait que l'effort de pêche n'a pas été réduit de façon importante jusqu'en 1998 et que le saumon rouge Sakinaw continue d'être capturé dans les pêches malgré le déclin observé dans les échappées de géniteurs au lac Sakinaw à partir de 1987. Le saumon rouge Sakinaw est capturé en même temps que le saumon rouge et le saumon rose de populations plus productives dans les pêches de stocks mélangés pendant sa migration de retour par les détroits de Johnstone et de Géorgie. Il est évident que la « gestion passive » et que le repeuplement (limité) par propagation artificielle n'ont pas réussi à compenser la mortalité par pêche. Il faudra procéder à de nouveaux changements dans les pêches pour favoriser le rétablissement de la population.

Il est probable que le saumon rouge du lac Sakinaw soit devenu de plus en plus vulnérable à la surexploitation dans les pêches de stocks mélangés à cause d'une réduction de sa productivité naturelle découlant de la dégradation de son habitat dans le lac Sakinaw. Les plages de fraie ont été dégradées par l'exploitation forestière, les bassins de flottage et les aires d'estacades historiques. On a créé un barrage sur l'émissaire du lac pour le transport du bois vers l'océan, et l'entreposage du bois près de l'émissaire a parfois empêché la migration des saumons adultes. Plus récemment, l'aménagement de lots résidentiels sur les berges du lac et la navigation de plaisance ont dégradé encore les frayères, les eaux des cours d'eau ayant été détournées dans le but de prévenir les inondations et une rampe de mise à l'eau des bateaux ayant été construite au beau milieu d'une des frayères les plus utilisées. L'utilisation de l'eau à des fins domestiques dans tout le bassin de drainage réduit les débits d'eau en été, ce qui peut avoir un effet négatif sur la migration des adultes dans le lac; les faibles niveaux d'eau demeurent très préoccupants. Cependant, de récentes tentatives de restauration des frayères et d'amélioration de la voie de passage au barrage semblent avoir préparé la voie en vue d'un rétablissement de la population.

Si la tendance actuelle se maintient, le saumon rouge du lac Sakinaw disparaîtra dans un proche avenir. La tendance qui se dégage des données lissées sur les échappées pour la période 1988-2002 indique une réduction de 99 p. 100 sur 3 générations (12 ans). Le nombre total d'individus matures (qui meurent tous après la fraye) s'est établi en moyenne à moins de 80 (fourchette : 14 à 122) pendant la dernière génération complète (4 ans; 1999 à 2002). Par le passé, le nombre moyen d'adultes était de 5 000 individus. Cette réduction à moins de 80 adultes s'avère radicale et toute baisse supplémentaire de la population pourrait être fatale.

## RÉSUMÉ TECHNIQUE

*Oncorhynchus nerka*

Nom commun : saumon rouge

Sockeye Salmon

Nom de la population : saumon rouge du lac Sakinaw (saumon rouge Sakinaw)

Répartition canadienne : Colombie-Britannique (lac Sakinaw, péninsule Sechelt et eaux côtières)

<b>Information sur la répartition</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone d'occurrence (km<sup>2</sup>) (eau douce)</li> </ul>	6,9 km <sup>2</sup> (lac Sakinaw)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préciser la tendance (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</li> </ul>	Probablement stable
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Y a-t-il des fluctuations extrêmes dans la zone d'occurrence (ordre de grandeur &gt; 1)?</li> </ul>	Improbable
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone occupation (km<sup>2</sup>) (eau douce)</li> </ul>	6,9 km <sup>2</sup> , mais la fraye se déroule entièrement dans une aire de < 0,01 km <sup>2</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préciser la tendance (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</li> </ul>	En déclin dans l'aire propice à la fraye.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Y a-t-il des fluctuations extrêmes dans la zone d'occupation (ordre de grandeur &gt; 1)?</li> </ul>	Non
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre d'emplacements existants</li> </ul>	Un (lac Sakinaw)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préciser la tendance du nombre d'emplacements (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</li> </ul>	Stable (mais le nombre de sites de fraye a diminué).
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'emplacements (ordre de grandeur &gt; 1)?</li> </ul>	Non
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendance de l'habitat : préciser la tendance de l'aire, de l'étendue ou de la qualité de l'habitat (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</li> </ul>	Probablement en déclin.
<b>Information sur la population</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durée d'une génération (âge moyen des parents dans la population : indiquer en années, en mois, en jours, etc.).</li> </ul>	Quatre ans
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre d'individus matures (reproducteurs) au Canada (ou préciser une gamme de valeurs plausibles).</li> </ul>	Moyenne d'environ 80 géniteurs pour la dernière génération complète (fourchette de 14 à 122 entre 1999 et 2002)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendance de la population quant au nombre d'individus matures (en déclin, stable, en croissance ou inconnue).</li> </ul>	En déclin depuis la fin des années 1980
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'il y a déclin, % du déclin au cours des dernières/prochaines dix années ou trois générations, selon la plus élevée des deux valeurs (ou préciser s'il s'agit d'une période plus courte).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 99 p. 100 en 3 générations (12 dernières années; analyse de régression).</li> <li>- 93 p. 100 (de 1990 à 2001) ou 87 p. 100 (de 1991 à 2002) en 3 générations (calculs basés sur les effectifs au début et à la fin de ces périodes).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures (ordre de grandeur &gt; 1)?</li> </ul>	Pas dans les dernières années, mais les fluctuations annuelles peuvent être importantes.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La population totale est-elle très fragmentée (la plupart des individus se trouvent dans de petites populations relativement isolées (géographiquement ou autrement) entre lesquelles il y a peu d'échanges, c.-à-d. migration réussie de <math>\leq 1</math> individu/année)?</li> </ul>	Une population – La population Sakinaw est génétiquement et démographiquement isolée de toutes les autres populations de saumons rouges.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Énumérer chaque population et donner le nombre d'individus matures dans chacune.</i></li> </ul>	s. o.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Préciser la tendance du nombre de populations (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</i></li> </ul>	s. o.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de populations (ordre de grandeur &gt; 1)?</i></li> </ul>	s. o.
<b>Menaces (réelles ou imminentes pour la population ou les habitats)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– La surpêche, associée surtout aux pêches de stocks mélangés, est probablement la principale menace et la cause immédiate de l'effondrement de la population.</li> <li>– Perte d'habitat de fraye.</li> <li>– Eaux basses en été et températures élevées entravant périodiquement la migration.</li> <li>– Effets cumulatifs des anciennes activités d'exploitation forestière.</li> <li>– Aménagement résidentiel autour du lac et utilisation de l'eau à des fins domestiques.</li> <li>– Prédation dépensatoire par les loutres de rivière, les phoques, les lamproies et les truites fardées.</li> </ul>	
<b>Effet d'une immigration de source externe</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>L'espèce existe-t-elle ailleurs (au Canada ou à l'extérieur)?</i></li> </ul>	Oui (mais cette UES se reproduit uniquement dans le lac Sakinaw; d'autres UES de saumons rouges sont présentes au Canada et ailleurs).
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Statut ou situation des populations de l'extérieur?</i></li> </ul>	Variable
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible?</i></li> </ul>	Non – La population Sakinaw est une population distincte.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre à l'endroit en question?</i></li> </ul>	Non
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible pour les individus immigrants à l'endroit en question?</i></li> </ul>	s. o.
<b>Analyse quantitative</b>	Analyses génétiques, modélisation de la population.

## REMERCIEMENTS

Le présent rapport de situation reprend des éléments d'un rapport antérieur de Murray et Wood (2002; voir la référence dans la section suivante, Ouvrages cités), qui a été révisé et approuvé par le Comité d'examen des évaluations scientifiques du Pacifique (CEESP) du MPO. Par défaut, les affirmations non assorties d'un renvoi sont tirées de ce rapport. L'auteur tient à remercier Clyde Murray, Grant McBain et Ken Shortreed qui lui ont fourni de l'information à jour, Clyde Murray et Mart Gross, qui ont effectué une révision approfondie d'une version antérieure du présent rapport, et Mart Gross, qui a mis en forme la version finale. L'auteur souhaite également exprimer sa reconnaissance à Grant McBain qui a fourni des échantillons de tissus et porté à son attention le problème du saumon rouge du lac Sakinaw (en 2000), ainsi que Ted Perry, directeur de la Division de l'évaluation des stocks de la Région du Pacifique du MPO, qui a demandé (au début de 2001) que soit présenté au CEESP un rapport sur l'état du stock de saumon rouge du lac Sakinaw et qui a soutenu l'élaboration du présent rapport de situation du COSEPAC.

Le présent rapport a été financé par le Service canadien de la faune d'Environnement Canada.

## OUVRAGES CITÉS

- Argue, A.W. 1975. 1975 Net catch of Sakinaw sockeye. Mémoire d'Environnement Canada (32-5-2-1-FD3 5900-85-S45) présenté à R.P. Kraft, 20 novembre 1975.
- Aro, K.V. 1979. Transfers of eggs and young of Pacific salmon within British Columbia. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 861:151 p.
- Bates, D.J., et R. August. 1997. Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolt production from Sakinaw Lake, Sechelt Peninsula, BC. Bande indienne sechelte, gestion des ressources, section des pêches. Tech. Rep. AFS97-02.19 p.
- Beacham T.D., et C.B. Murray. 1986. Variation in the developmental biology of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) and chinook salmon (*O. tshawytscha*) in British Columbia. *Can. J. Zool.* 67:2081-2089.
- Beamish, R.J., C.M. Neville et A.J. Cass. 1997. Production of Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to decadal-scale changes in the climate and the ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54:543-554.
- Botkin, D., K. Cummins, T. Dunne, H. Regier, M. Sobel, L. Talbot et L. Simpson. 1995. Status and future of salmon of western Oregon and northern California: Findings and options. The Center for the Study of the Environment, Santa Barbara, CA. Res. Rep. No. 8: 300 p.



- Brannon, E.L. 1967. Genetic control of migrating behavior of newly emerged sockeye salmon fry. Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique - Progress Report 16. 31 p.
- 1972. Mechanisms controlling migration of sockeye salmon fry. Bulletin n° 21 de la Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique. 86 p.
- 1987. Mechanisms stabilizing salmonid fry emergence timing. Pages 120-124 in H.D. Smith, L. Margolis et C.C. Wood (éd.) Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 96.
- Burgner, R.L. 1991. Life history of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Pp. 1-118 in Pacific salmon life histories. C. Groot et L. Margolis (éd.). UBC Press, Vancouver, Canada.
- Department of Fisheries and Oceans (DFO). 1988. Pacific Region Salmon Resource Management Plan. Vol. 1:679 p.
- Doble B.D., et D.M. Eggers. 1978. Diel feeding chronology, rate of gastric evacuation, daily ration, and prey selectivity in lake Washington juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:36-45.
- Foerster, R.E. 1968. The Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*. Bulletin n° 162 de l'Office de recherches sur les pêcheries du Canada. 422 p.
- Francis, R.C. 1993. Climate change and salmonid production in the North Pacific Ocean. Pp. 33-43 in K.T. Redmond et V.L. Tharp (éd.). Proceedings of the Ninth Annual Pacific Climate (PACLIM) Workshop. Calif. Dept. Water Resources. Interagency Ecological Studies Program Tech. Rept. 34.
- French, R., H. Bilton, M. Osako et A. Hartt. 1976. Distribution and origin of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in offshore waters of the north Pacific Ocean. Bulletin n° 34 de la Commission internationale des pêcheries du Pacifique Nord. 113 p.
- Gable, J., et S. Cox-Rogers. 1993. Stock identification of Fraser River sockeye salmon: Methodology and management application. Commission du saumon du Pacifique – Technical Report No. 5. 40 p.
- Goodlad, J.C., T.W. Gjernes et E.L. Brannon. 1974. Factors affecting sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) growth in four lakes of the Fraser River system. *J. Fish. Res. Board Ca.* 31:871-892.
- Gresh, T., J. Lichatowich et P. Schoonmaker 2000. An estimation of historic and current levels of salmon production in the Northwest Pacific Ecosystem: evidence of a nutrient deficit in the freshwater systems of the Pacific Northwest. *Fisheries* 25:15-21.
- Gustafson, R.G., T.C. Wainwright, G.A. Winans, F.W. Waknitz, L.T. Parker et R.S. Waples. 1997. Status review of sockeye salmon from Washington and Oregon. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-33:282 p.
- Hart, J.L. 1973. Pacific fishes of Canada. Bulletin no 180 de l'Office de recherches sur les pêcheries du Canada. 740 p.
- Henderson, M.A., et A.J. Cass. 1991. Effect of smolt size on smolt-to-adult survival for Chilko Lake sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:988-994.

- Henry, K.A. 1961. Racial identification of Fraser River sockeye by means of scales and its application to salmon management. Bulletin n° 12 de la Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique. 97 p.
- Hodgson, S., et T.P. Quinn. 2002. The timing of adult sockeye salmon migration into fresh water: adaptations by populations to prevailing thermal regimes. *Can. J. Zool.* 80: 542–555
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on limnology. Volume 1. John Wiley & Sons, New York et Londres. 1015 p.
- Irvine, J.R. 2002. Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon coho (*Oncorhynchus kisutch*) (population du Fraser intérieur) au Canada, in Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon coho (*Oncorhynchus kisutch*) (population du Fraser intérieur) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa.
- Johnson, W.E. 1961. Aspects of the ecology of a pelagic, zooplankton-eating fish. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.* 14:727-731
- Koenings, J.P., et R.D. Burkett. 1987. Population characteristics of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts relative to temperature regimes, euphotic volume, fry density, and forage base within Alaskan lakes. Pp. 216-234 in H.D. Smith, L. Margolis et C.C. Wood. (éd.), Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 96.
- Konkel, G.W., et J. D. McIntyre 1987. Trends in spawning populations of Pacific anadromous salmonids. U.S. Dept. of the Interior, Fish and Wildlife Service, Fish and Wildlife Tech. Rep. 9:25 p.
- Mecklenburg, C.W., T.A. Mecklenburg et L.K. Thorsteinson. 2002. Fishes of Alaska. Amer. Fish. Soc., Bethesda, MD, 1037 p.
- MPO. 1998. Document de consultation : une nouvelle orientation pour les pêches du saumon du Pacifique au Canada. Ministère des Pêches et des Océans. Document consulté à l'adresse : [http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/newdirections/default\\_f.htm](http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/newdirections/default_f.htm)
- MPO. 2000. Document de consultation : politique concernant le saumon sauvage. Ministère des Pêches et des Océans. Document consulté à l'adresse : [http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/newdirections/default\\_f.htm](http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/newdirections/default_f.htm)
- Mueter, F.J., R.M. Peterman et B.J. Pyper. 2002a. Opposite effects of ocean temperature on survival rates of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in northern and southern areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59:456-463.
- Mueter, F.J., D.M. Ware et R.M. Peterman. 2002b. Spatial correlation patterns in coastal environmental variables and survival rates of Pacific salmon in the northeast Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.* 11:205-218.
- Murray, C.B. 1980. Some effects of temperature on zygote and alevin survival, rate of development and size at hatching and emergence of Pacific salmon and rainbow trout. Mémoire de maîtrise, University of British Columbia, Vancouver.
- Murray, C., et C.C. Wood. 2002. Status of Sakinaw Lake sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche 2002/088. 100 p. Disponible à l'adresse <http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/> (résumé en français).

- Nelson, R.J., C.C. Wood, G. Cooper, C. Smith et B. Koop. 2003. Population structure of sockeye salmon of the central coast of British Columbia: implications for recovery planning. *N. Am. J. Fish. Manage.* 23:704-721.
- Nehlsen, W., J.E. Williams et J. A. Lichatowich. 1991. Pacific Salmon at the crossroads: stocks at risk from California, Oregon, Idaho, and Washington. *Fisheries* 16(2):4-21.
- Northcote, T.G., et W.E. Johnston. 1964. Occurrence and distribution of sea water in Sakinaw Lake, British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* 1321-1324.
- O'Neill, S.M., et K.D. Hyatt. 1987. An experimental study of competition for food between sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) and threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) in a British Columbia coastal lake. Pp. 143-160 in H.D. Smith, L. Margolis, et C.C. Wood. (éd.), Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 96.
- Raleigh, R.F. 1967. Genetic control in the lakeward migrations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) fry. *J. Fish. Res. Board Can.* 24:2613-2622.
- Ricker, R.E. 1962. Comparison of ocean growth and mortality of sockeye during their last two years. *J. Fish. Res. Board Can.* 19: 531-560.
- 1982. Size and age of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to environmental factors and the fishery. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No 1115.* 126 p.
- Scott, W.B., et E.J. Crossman. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Bulletin 184 de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada, 1026 p.
- Shortreed, K, K. Morton et J. Hume. 2003. Sakinaw Lake: results from an August 2002 limnological survey. Rapport inédit du MPO, 26 p., disponible auprès de l'auteur (shortreedk@dfo-mpo.gc.ca)
- Slaney, T.L., K.D. Hyatt, T.G. Northcote et R.J. Fielden. 1996. Status of Anadromous Salmon and Trout in B.C. and the Yukon. *Fisheries* 21(10):20-35.
- Smith, G.R., et R.F. Stearley. 1989. The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts. *Fisheries* (Bethesda) 14: 4-10.
- Starr, P.J., AT. Charles et M.A Henderson 1984. Reconstruction of British Columbia sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) stocks: 1970-1982. *Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. No 1780.* 123 p.
- Stearley, R.F., et G.R. Smith. 1993. Phylogeny of the Pacific trouts and salmons (*Oncorhynchus*) and genera of the family Salmonidae. *Trans. Am. Fish. Soc.* 122: 1-33.
- Thorpe, J.E., C. Talbot et C. Villarreal. 1982. Bimodality of growth and smolting in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquacult.* 28:123-132.
- Verhoeven, L.A. et E.B. Davidoff. 1962. Marine tagging of Fraser River Sockeye. Internat. Bulletin n° 13 de la Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique. 132 p.
- Walker, K.F., et G.E. Likens. 1975. Meromixis and reconsidered typology of lake circulation patterns. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19: 442-458.
- Waples, R.S. 1991. Definition of "species" under the Endangered Species Act: Application to Pacific salmon. NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC 194:29 p.
- The Wilderness Society. 1993. The Living Landscape: Volume 2, Pacific Salmon and Federal Lands. Washington, D.C.

- Williams, I.V. 1987. Attempts to re-establish sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) populations in the Upper Adams River, British Columbia, 1949-84. Pages 235-242 in H.D. Smith, L. Margolis, et C.C. Wood (éd.) Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 96.
- Williamson, H.C. 1927. Pacific Salmon Migration: Report on the Tagging Operations in 1925. *Contrib. Can. Biol. Fish. New Series Vol. 3 No. 9:* 265-306.
- Withler, F.C. 1982. Transplanting Pacific salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1079. 27 p.
- Wood, C.C. 1987. Predation of juvenile Pacific salmon by the common merganser (*Mergus merganser*) on eastern Vancouver Island. I: Predation of seaward-migrating juvenile salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:941-949
- 1995. Life history variation and population structure in sockeye salmon. *In* J.L. Nielsen (éd.), *Evolution and the aquatic ecosystem: defining unique units in population conservation.* *Am. Fish. Soc. Symp.* 17:195-216.
- Wood, C.C., C.J. Foote et D.T. Rutherford. 1999. Ecological interactions between juveniles of reproductively isolated and non-anadromous morphs of sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, sharing the same nursery lake. *Env. Biol. Fish.* 54:161-173.
- Wood, C. C., B. E. Riddell, D. T. Rutherford et R. E. Withler. 1994. Biochemical genetic survey of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51 (Supp. 1):114-131.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15:323 354, Cambridge, R.-U.

## SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DU CONTRACTUEL

Monsieur Wood a obtenu un baccalauréat spécialisé en biologie à la Simon Fraser University (1977) ainsi qu'un doctorat en zoologie à la University of British Columbia (1984). Il est chercheur à Pêches et Océans Canada depuis 1984 et possède plus de 20 ans d'expérience en recherche sur les populations et la biologie évolutionnaire des poissons marins et anadromes. Il a dirigé la Section du saumon de la côte nord (1994 à 1997), a présidé l'équipe de la Direction des sciences du MPO qui a préparé le document de consultation intitulé *Politique concernant le saumon sauvage*, et est actuellement chef de la conservation à la Section Biologie de la Station de biologie du Pacifique, à Nanaimo. Il est membre auxiliaire du corps professoral au département de biologie de la University of Victoria et à la School of Resource and Environmental Management de la Simon Fraser University. En 2000, il est devenu membre du Sous-comité de spécialistes des poissons marins du COSEPAC. Monsieur Wood a publié 44 publications primaires et 37 publications secondaires et a co-édité deux livres.